

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-297597

(43)Date of publication of application : 18.11.1997

(51)Int.Cl.

G10L 9/14

G10L 9/18

H03M 7/30

(21)Application number : 08-164702

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 25.06.1996

(72)Inventor : TSUBOI MITSURU

NISHIDA FUMIAKI

EGUCHI OSAHIDE

OTA TAKASHI

SUZUKI MASANAO

(30)Priority

Priority number : 08 48941

Priority date : 06.03.1996

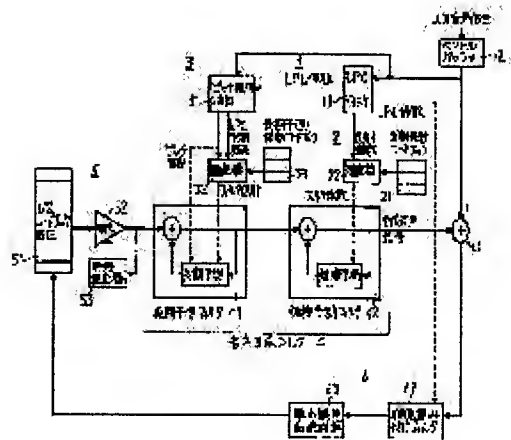
Priority country : JP

(54) HIGH-EFFICIENCY SPEECH TRANSMISSION SYSTEM AND HIGH-EFFICIENCY SPEECH TRANSMISSION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a hardware scale and to enable high-efficiency speech transmission of a low bit rate in a wide band by executing encoding processing to the input speech signal of a past frame by using the speech information parameter formed by subjecting the input speech signal of the past frame to a linear prediction analysis.

SOLUTION: The encoding processing to the input speech signal of the N-th frame is executed by using the speech information parameter formed by subjecting the input speech signal of the past frames including the (N-1) the frame to the linear prediction analysis before the execution of the high-efficiency encoding to the input speech signal of the N-th frame. In such a case, speech information parameters, such as filter coefft. and pitch frequency, are obtainable from first,



second adaptation devices 22, 32 and a pitch period extraction part 31. The short-period prediction filter coefft. is formed by subjecting a synthesized signal which is the output of a short period prediction filter 42 to the linear prediction analysis with this device and, therefore, an encoder is no more required to transfer the information of the short period prediction filter coefft. to a decoder side.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-297597

(43)公開日 平成9年(1997)11月18日

| (51)Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | 序内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-------------------------------|------|---------|--------------|-----------------------|
| G 1 0 L 9/14 | | | G 1 0 L 9/14 | J G H E B |
| 9/18 | | | 9/18 | |
| H 0 3 M 7/30 | | 9382-5K | H 0 3 M 7/30 | |
| 審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 31 頁) | | | | |

審査請求 未請求 請求項の数13 OL (全 31 頁)

| | | | |
|-------------|-----------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平8-164702 | (71)出願人 | 000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 |
| (22)出願日 | 平成8年(1996)6月25日 | (72)発明者 | 坪井 満 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 |
| (31)優先権主張番号 | 特願平8-48941 | (72)発明者 | 西田 文昭 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 |
| (32)優先日 | 平8(1996)3月6日 | (74)代理人 | 弁理士 井桁 貞一 |
| (33)優先権主張国 | 日本(JP) | | |

最終頁に続く

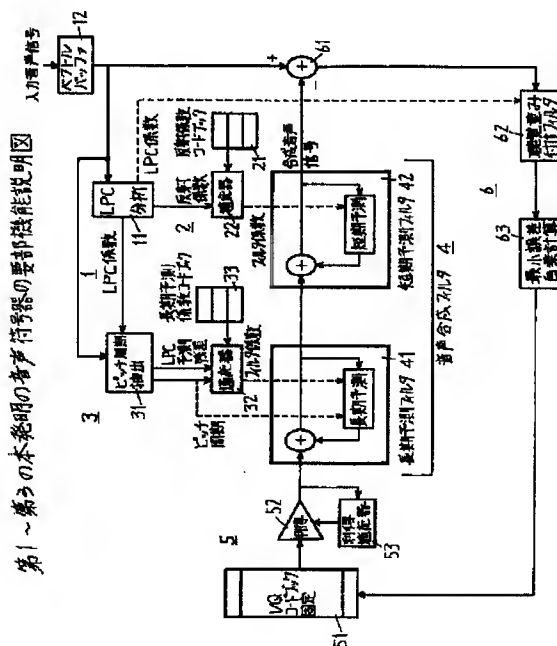
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高能率音声伝送方法及び高能率音声伝送装置

(57)【要約】

【課題】 例えば、マルチメディア通信で使用される高能率音声伝送方法及び高能率音声伝送装置に関し、ハードウェア規模の縮小と広帯域で低ビットレートな高能率音声伝送方法及び高能率音声伝送装置の提供を図ることを目的とする。

【解決手段】 N番目のフレームの入力音声信号に対して高能率符号化を行う前に、(N-1)番目のフレームを含めた過去のフレームの入力音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータをN番目のフレームの入力音声信号の符号化処理に使用するように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 N番目のフレーム（Nは正の整数）の入力音声信号に対して高能率符号化を行う前に、（N-1）番目のフレームを含めた過去のフレームの入力音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータを用いて、該N番目のフレームの入力音声信号に対する符号化処理を行う様にしたことを特徴とする高能率音声伝送方法。

【請求項2】 上記過去のフレームのうち、N番目のフレームに近いフレーム程、入力音声信号に対して大きな重み付けを行う線形予測分析窓を用いる様にしたことを特徴とする請求項1の高能率音声伝送方法。

【請求項3】 入力音声信号の線形予測分析をおこなって音声情報パラメータを生成する音声情報生成手段と、音源となる複数の雑音信号パターンが格納されており、取り出された雑音信号パターンに利得を与えて出力するベクトル量子化コードブック手段と、印加した音声情報パラメータをフィルタ係数とする長期予測フィルタと、短期フィルタ、

該ベクトル量子化コードブック手段の出力を用いて合成音声信号を生成する音声合成フィルタ手段と、入力音声信号と生成した合成音声信号の間の誤差計算を繰り返し、誤差が最小となる音源番号を決定する最小誤差自乗計算手段とを有する高能率音声符号器において、

（N-1）番目のフレームを含めた過去のフレームの入力音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータを用いて、N番目のフレームの入力音声信号に対する符号化処理を行う構成にしたことを特徴とする高能率音声符号器。

【請求項4】 上記の短期予測フィルタのフィルタ係数として、過去に出力された合成音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータを使用する構成にしたことを特徴とする請求項3の高能率音声符号器。

【請求項5】 入力した音声符号化情報を分離して、音源番号、音声情報パラメータを取り出す分離手段と、印加した音源番号に対応する雑音信号パターンを取り出し、利得を与えて出力するベクトル量子化コードブック手段と、印加した音声情報パラメータに対応したフィルタ特性を有する長期予測フィルタと、短期予測フィルタを具備する高能率音声復号器において、該短期予測フィルタが、過去に出力された復号音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータをフィルタ係数として使用する構成にしたことを特徴とする高能率音声復号器。

【請求項6】 請求項4の高能率音声符号器を用いて、入力音声信号を符号化して送信し、請求項5の高能率音声復号器を用いて符号化された音声信号を受信し、復号する構成にしたことを特徴とする高能率音声伝送装置。

【請求項7】 合成フィルタでインパルス応答行列とコ

ードベクトルとの畳み込み演算を行なう際、演算順序を最近のコードベクトルから演算を開始し、順次、過去のコードベクトルの演算に移行して畳み込み演算を行なうことを特徴とする演算方法。

【請求項8】 適応コードブックのピッチ探索を、フレームを構成するm（mは正の整数）ベクトル単位で行なう際、

第1のベクトルは全範囲を探索して最適ピッチ P_1 を求めた後、第2のベクトルから第mのベクトル迄は、前回のピッチ探索で求めた最適ピッチを中心として、予め設定された範囲内に限定してピッチ探索を行って最適ピッチを求めることを特徴とする演算方法。

【請求項9】 適応コードブック手段及び固定コードブック手段からそれぞれ取り出したコードベクトルを加算して得た加算コードベクトルと、インパルス応答ベクトル生成手段からのインパルス応答ベクトルとの畳み込み演算を行なって0状態応答ベクトルを求めるインパルス応答フィルタ手段を設け、該インパルス応答フィルタ手段からの0状態応答ベクトルと、入力したターゲットベクトルとの誤差が最小となる様な最適コードベクトルの組合せの探索を行なう高能率音声符号化方法において、請求項7の演算方法を用いて畳込み演算を、請求項8を用いてピッチ探索を行なう様にしたことを特徴とする高能率音声符号化方法。

【請求項10】 請求項9の音声符号化方法で符号化された信号を復号して元の音声信号を再生することを特徴とする高能率音声復号方法。

【請求項11】 請求項7の演算方法を用いて畳込み演算を、請求項8を用いてピッチ探索を行なう構成にしたことを特徴とする高能率音声符号器。

【請求項12】 請求項9の音声符号化方法で符号化された信号を復号して元の音声信号を再生する構成にしたことを特徴とする高能率音声復号器。

【請求項13】 請求項11の高能率音声符号器を用いて、入力音声信号を符号化して送信し、請求項12の高能率復号器を用いて符号化された音声信号を受信し、復号する構成にしたことを特徴とする高能率音声伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、マルチメディア通信で使用される高能率音声伝送方法及び高能率音声伝送装置に関するものである。

【0002】近年、ISDN網及びマルチメディア情報機器の発達に伴い、画像、音声、ドキュメント等のマルチメディア通信がより盛んに行われる様になった。マルチメディア通信の中では、特に、テレビ会議システムやビジュアル・テレフォンシステム等が、電話帯域音声よりも自然で高品質な広帯域音声（50Hz～7kHz帯域）を求めている。これは、広帯域音声にすることにより音声の自

然性及び臨場感が向上する為である。

【0003】一方、従来の16KHz サンプリング、7 KHz 帯域の音声符号化方式は、ITU-T G.722 として標準化されているが、ビットレートが64~48Kb/sの為に64KHz の伝送帯域の回線では音声信号を1chしか伝送できない。

【0004】そこで、音声信号を低ビットレート化して伝送帯域を狭くすることにより、上記の伝送帯域で他のメディア情報も伝送することが可能となり、通信コストの削減が可能となるが、これに対応してハードウェア規模の縮小と広帯域で低ビットレートな高能率音声伝送方法及び高能率音声伝送装置の提供を図ることが必要である。

【0005】

【従来の技術】図21は音声信号生成モデルの要部構成図の一例、図22はベクトル/フレームの説明図、図23は従来例の符号器の処理タイミング説明図である。

【0006】先ず、上記のITU-T G.722 による音声符号化方式は帯域分割ADPCM 方式を用いるので、音声信号を処理する際には7 KHz 帯域を3.4KHz以上(高域側)と3.4KHz以下(低域側)に分割し、分割した音声信号を16KHz のサンプリング周期でそれぞれ符号化する。

【0007】この時、高域側は2ビット、低域側は6ビットで符号化し、多重化して回線に8 KHz 周期で送出するので、全体として64Kb/sのビットレートとなり、64KHz 帯域の回線は1chの音声信号しか伝送できない。

【0008】これに対して、電話帯域(300~3.4KHz帯域)の通信では、国際標準G.728(LD-CELP)があり、必要な伝送レートは16Kbpsと低ビットレートを実現している。例えば、TV会議システムでは、限られた伝送レートの中に画像と音声とが共存する為、音声通信の伝送レートの拡大は画像の通信品質に影響を与える。逆に、画像の高品質化を選択すると音声の自然性が損なわれてしまう。

【0009】このCELP方式は、複数の音声サンプルをベクトルとフレームからなる1つのグループにまとめ、後述する音声信号生成モデルを用いて合成した音声信号と、実際の入力音声信号との誤差が最小となる様に音声情報パラメータを変化させ、最小となったパラメータを量子化して伝送する方式である。

【0010】ここで、音声信号生成モデルについて説明する。図22に示す様に、入力した音声信号をサンプリングし、PCM化した音声信号(以下、入力音声信号と云う)を複数サンプル集めたものをベクトルと云い、ベクトルがn個(nは正の整数)、集まったものをフレームと云う。

【0011】さて、図21において、1フレーム分の入力音声信号は、バッファ81に一時(例えば、30~40ms)格納された後、線形予測分析部分(LPC)85と遅延部分82に加えられる。

【0012】線形予測分析部分85は、1フレーム分の入

力音声信号に対して線形予測分析を行ってフィルタ係数、利得値などからなる音声情報パラメータを取り出して、音声合成フィルタ88、増幅器87に送出する。

【0013】なお、線形予測分析部分85から出力する音声情報パラメータは、時間 T_0 毎に更新されるが、その間は固定されている。また、ベクトル化部分83は、遅延部分82を通して入力した1フレームの入力音声信号中から、これから符号化しようとする入力音声ベクトル(例えば、図22中の#0の入力音声ベクトル)を抽出して比較部分84に加える。

【0014】一方、ベクトル量子化コードブック(以下、VQコードブックと云う)86には、1ベクトルの長さを持つQ種類の雑音信号パターン(以下、音源パターンと云う)が格納されている。

【0015】そこで、コードブックから取り出した、例えば、#0の音源パターンを増幅器87と上記のフィルタ係数を持つ音声合成フィルタ88を通すことにより音声ベクトルを合成し、合成音声ベクトルを比較部分84に加える。

【0016】比較部分84は、合成音声ベクトルと実際の入力音声ベクトルを比較して誤差を求めるが、これを#(Q-1)の音源パターンまでQ回繰り返し、誤差が最小の時の利得値やフィルタ係数などを量子化する。

【0017】ここで、コードブック中の音源パターンの種類(Q)が1024個あるとすると、このパターンの指定に10ビット必要である。また、1ベクトルが5サンプル、サンプル周期が8 KHz とすると、ビットレートは

$$[10 \text{ビット} / (5 \times 125 \mu\text{s})] = 16 \text{ Kbs}$$

となる。

【0018】しかし、1ベクトルをn=10 サンプルと、サンプル数を倍にして上記と同じ計算をすると8 Kbsとなる。つまり、1ベクトル当りのサンプル数を増やすと、1サンプル当りのビット割当を削減でき、低ビットレート化が可能である。

【0019】次に、図23を用いて符号化部の処理タイミングを説明する(図21参照)。図23に示す様に、例えば、#Nフレームの入力音声信号に対して符号化処理を行うには、この処理の前に線形予測分析(以下、LPC 分析と示す)を行う必要がある。LPC 分析はこれから符号化処理をする#Nフレームの入力音声信号の前数サンプルまでの入力音声信号が必要であり(図23中の斜線部分)、この部分をバッファ81に格納する。

【0020】この為、LPC 分析処理は #(N+1)フレームの前半から後半にかけて行われ、符号化処理は、#(N+1)フレームの後半から #(N+2)の後半にかけて行われることになる。

【0021】そこで、#Nフレームに対する音声情報パラメータを符号化した音声符号化情報は #(N+2)フレームの時に送出されることになり、結局、約3フレーム遅れて符号化情報が得られる。

10

20

30

40

50

【0022】

【発明が解決しようとする課題】上記の様に、LPC分析はこれから符号処理を行うフレームの入力音声信号に対して行うので、LPC分析に必要な3フレーム分の入力音声信号を蓄える為のメモリ(図21のバッファ)が必要となる。これにより、符号化部のハードウェア規模が大きくなると云う課題が生じた。

【0023】また、例えば、TV会議システムでは、画像通信の品質に影響を与えず、且つ、音声通信における自然性、臨場感を得る為、再生音声信号が広帯域で低ビットレートな音声符号化方法を提供しなければならないと云う課題が生じた。

【0024】本発明はハードウェア規模の縮小と、広帯域で低ビットレートな高能率音声伝送方法及び高能率音声伝送装置の提供を図ることを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】図1は第1～第3の本発明の音声符号器の要部機能説明図、図2は第4の本発明の音声符号器の要部機能説明図、図3は図1の処理タイミング説明図、図4はLPC分析窓説明図である。

【0026】図5は第7～第13の本発明の音声符号器・復号器の要部機能説明図である。第1の本発明は、N番目のフレームの入力音声信号に対して高能率符号化を行う前に、(N-1)番目のフレームを含めた過去のフレームの入力音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータを用いて、該N番目のフレームの入力音声信号に対する符号化処理を行う様にした。

【0027】第2の本発明は、上記過去のフレームのうち、N番目のフレームに近いフレーム程、入力音声信号に対して大きな重み付けを行う線形予測分析窓を用いる様にした。

【0028】第3の本発明は、入力音声信号の線形予測分析をおこなって音声情報パラメータを生成する音声情報生成手段と、音源となる複数の雑音信号パターンが格納されており、取り出された雑音信号パターンに利得を与えて出力するベクトル量子化コードブック手段と、印加した音声情報パラメータをフィルタ係数とする長期予測フィルタと、短期フィルタ、該ベクトル量子化コードブック手段の出力を用いて合成音声信号を生成する音声合成フィルタ手段と、入力音声信号と生成した合成音声信号の間の誤差計算を繰り返し、誤差が最小となる音源番号を決定する最小誤差自乗計算手段とを有する高能率音声符号器において、(N-1)番目のフレームを含めた過去のフレームの入力音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータを用いて、N番目のフレームの入力音声信号に対する符号化処理を行う構成にした。

【0029】第4の本発明は、上記の短期予測フィルタのフィルタ係数として、過去に出力された合成音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメ

ータを使用する構成した。

【0030】第5の本発明は、入力した音声符号化情報を分離して、音源番号、音声情報パラメータを取り出す分離手段と、印加した音源番号に対応する雑音信号パターンを取り出し、利得を与えて出力するベクトル量子化コードブック手段と、印加した音声情報パラメータに対応したフィルタ特性を有する長期予測フィルタと、短期予測フィルタを具備する高能率音声復号器において、短期予測フィルタが、過去に出力された復号音声信号に対して線形予測分析を行って生成した音声情報パラメータをフィルタ係数として使用する構成にした。

【0031】第6の本発明は、請求項4の高能率音声符号器を用いて、入力音声信号を符号化して送信し、請求項5の高能率音声復号器を用いて符号化された音声信号を受信し、復号する構成にした。

【0032】第7の本発明は、合成フィルタでインパルス応答行列とコードベクトルとの畳み込み演算を行なう際、演算順序を最近のコードベクトルから演算を開始し、順次、過去のコードベクトルの演算に移行して畳み込み演算を行なう様にした。

【0033】第8の本発明は、適応コードブックのピッチ探索を、フレームを構成するmベクトル単位で行なう際、第1のベクトルは全範囲を探索して最適ピッチ P_1 を求めた後、第2のベクトルから第mのベクトル迄は、前回のピッチ探索で求めた最適ピッチを中心として、予め設定された範囲内に限定してピッチ探索を行って最適ピッチを求める様にした。

【0034】第9の本発明は、適応コードブック手段及び固定コードブック手段からそれぞれ取り出したコードベクトルを加算して得た加算コードベクトルと、インパルス応答ベクトル生成手段からのインパルス応答ベクトルとの畳み込み演算を行なって0状態応答ベクトルを求めるインパルス応答フィルタ手段を設け、インパルス応答フィルタ手段からの0状態応答ベクトルと、入力したターゲットベクトルとの誤差が最小となる様な最適コードベクトルの組合せの探索を行なう高能率音声符号化方法において、第7の本発明を用いて畳込み演算を、第8の本発明を用いてピッチ探索を行なう様にした。

【0035】第10の本発明は、第9の本発明の音声符号化方法で符号化された信号を復号して元の音声信号を再生する様にした。第11の本発明は、第7の本発明を用いて畳込み演算を、第8の本発明を用いてピッチ探索を行なう構成にした。

【0036】第12の本発明は、第10の本発明の高能率音声符号器で符号化された信号を復号して元の音声信号を再生する構成にした。第13の本発明は、第11の本発明の高能率音声符号器を用いて、入力音声信号を符号化して送信し、請求項12の高能率音声復号器を用いて符号化された音声信号を受信し、復号する構成にした。

【0037】先ず、図1～図4を用いて本発明の手段を説明する。図1において、従来例で説明した様に、VQコードブック51には1ベクトルの長さを持つQ種類の音源パターンが予め用意されている。

【0038】VQコードブック51から出力された音源パターンは、利得部分52で利得適応器53からの出力に対応する利得が与えられ、音声合成する合成フィルタ(長期予測フィルタと短期予測フィルタで構成)4を通して合成音声信号が得られるが、この合成音声信号はVQコードブックに用意された音源パターンの種類だけ生成される。

【0039】また、VQコードブック手段5、合成フィルタ4、最小誤差自乗計算手段6からなるループは、上記の合成音声信号と入力音声信号の誤差を計算する部分で、誤差が最小となった時のVQコードブックの音源パターンの番号(以下、インデックスと云う)が求められる。

【0040】ここで、VQコードブック51に用意された音源パターンは、人の声帯の振動パターンや子音発声時の唇、舌等の動きに対応している。なお、声帯の振動が口蓋の形により様々な反響音が生じて音声となるのに対し、人の口蓋の形に対応している合成音声フィルタはフィルタ係数の値を変化させることにより、人の口蓋の形の変化と等価な動作となる。

【0041】つまり、音声符号化情報は、VQコードブックから選択されたインデックス及び合成フィルタのフィルタ係数となるが、このフィルタ係数は入力音声信号をLPC分析することにより生成する。

【0042】ここで、図1の信号の流れを説明する。入力音声信号をベクトルバッファ12に一時、格納する。そこで、LPC分析部分11は、ベクトルバッファに格納された入力音声信号を用いて反射係数、LPC係数を求め、前者を第1の適応器22に、後者をピッチ周期抽出部分31と聴覚重み付けフィルタ62に送出する。

【0043】第1の適応器22は、反射係数コードブック21にアクセスして、入力した反射係数に最も近いフィルタ係数を取り出して音声合成フィルタ内の短期予測フィルタ42に送出する。

【0044】なお、反射係数コードブック21には、様々な入力反射係数に対応するフィルタ係数との関係を示すテーブルが格納されているものとする。また、ピッチ周期抽出部分31は、入力したLPC係数と入力音声信号から、LPC予測残差とピッチ周期を求めて第2の適応器32に送出する。

【0045】第2の適応器32は、上記と同様に長期予測係数コードブック33にアクセスして、入力したLPC予測残差とピッチ周期を用いて対応するフィルタ係数を取り出して、ピッチ周期と共に音声合成フィルタ内の長期予測フィルタ41に送出する。

【0046】なお、長期予測係数コードブック33には、

LPC予測残差とピッチ周期の様々な組合せに対応するフィルタ係数との関係を示すテーブルが格納されているものとする。

【0047】更に、聴覚重み付けフィルタ部分62に対して、入力したLPC係数に対応したマスキング特性を持たせる。つまり、上記の様に、第1の適応器22、第2の適応器32とピッチ周期抽出部分31からフィルタ係数やピッチ周期などの音声情報パラメータが得られる。

【0048】一方、VQコードブック51から#0の音源パターン(1ベクトルの長さを持つ)を取り出す。そこで、利得部分52は取り出した#0音源パターンに対して、利得適応器53の出力に対応する利得を与え、長期予測フィルタ41と短期予測フィルタ42からなる音声合成フィルタ4に送出する。

【0049】これにより、音源パターンは音声合成フィルタ4を通して1ベクトルの合成音声信号が生成され、誤差計算部分61に加えられる。誤差計算部分61には、ベクトルバッファ12に格納された入力音声信号のうち、対応する1ベクトルの入力音声信号も加えられているので、1ベクトルの合成音声信号と入力音声信号との間の誤差を計算し、計算結果を聴覚重み付けフィルタ62を介して最小誤差自乗計算部分63に加える。

【0050】そこで、最小誤差自乗計算部分63は最小誤差自乗計算を行うが、この処理をQ回繰り返して誤差電力が最小となるVQコードブック51のインデックスを求める。そして、上記で得られたVQコードブックのインデックス、長期予測係数コードブックのインデックス、ピッチ周期、反射係数コードブックのインデックスが音声情報パラメータとして復号器側に送られる。

【0051】ここで、図1の場合、短期予測フィルタの係数は入力音声信号を用いて生成し、生成した短期予測フィルタの係数を復号器側に送出している。しかし、図2の場合は短期予測フィルタの係数は合成音声信号を用いて生成するが、短期予測フィルタの係数は復号器側に送出せず、復号器側は復号音声信号を用いて短期予測フィルタの係数を生成する様にした。

【0052】これにより、復号器側に伝送すべき情報量が少なくなり、伝送速度がより低下する。次に、音声信号はサンプル間に相関関係があり、短期間(数ms)であれば過去から未来の音声波形を予測することが可能である。

【0053】そこで、本発明では図3に示す様に、#Nフレームの入力音声信号に対する符号化処理を行う前の、LPC分析に必要な入力音声信号として、斜線部分の#(N-1)フレーム以前の入力音声信号を使用する。

【0054】また、LPC分析を行う際には図4に示す様な特性を有するLPC分析窓を使用する。この分析窓の特性はある伝達関数を持つフィルタにインパルス印加した時に現れる応答波形と同じであり、下記の式で表される。

【0055】 $H(Z) = 1/(1 - \alpha Z^{-1})^2$

ここで、 $0 < \alpha < 1$ である。つまり、LPC 分析窓に図4に示す様に特性を持たせることにより、次のフレームに近い波形の重み付けを行い、過去の影響を受けない様にした。

【0056】これにより、LPC 分析を安定に行うことができる。さて、図3において、 $\#(N-1)$ フレーム以前の入力音声信号は、 $\#(N-1)$ フレームでLPC 分析され、必要な音声情報パラメータが得られている。

【0057】そこで、既に得られた $\#(N-1)$ の音声情報パラメータを、 $\#N$ フレームの入力音声信号に適用して符号化処理を行うと、 $\#(N+1)$ フレームの時点で音声符号化情報が取り出されるので、符号化における情報の遅延は1フレームとなる。

【0058】これにより、メモリ容量の削減に対応して、ハードウェア規模の小さな符号器の提供ができる。次に、図5を用いて第7～第12の本発明の手段を説明する。

【0059】音声の符号化方式には種々な技術が存在するが、大別すると、波形を忠実に表現すること目的とした波形符号化方式と、音声の生成モデルを分析、パラメータに変換し、そのパラメータから合成する分析合成方式とがある。

【0060】上記のITU-T G.722 は波形符号化方式の一種であり、波形符号化方式の特徴としてビット当りの情報量の重みがかなり大きく、ビットを削れば削る程、元の音声を持っていた情報を失う割合が大きく、低ビットレート化には向かないことが知られている。

【0061】これに対して、分析合成方式は、ある程度、まとめたものを1つの塊として送るので、比較的低ビットレートまで高品質であることが知られており、本発明はその代表的な技術であるCELP(Code Excited Linear Prediction)方式を基本としている。

【0062】一般に、CELP方式は電話帯域の低ビットレート符号化方式として有効な方式であり、前記G. 728(16 Kbps) の他にも、移動体通信の日本標準方式であるVSELP(Vector Sum Excited Linear Prediction: 6.7 Kbps) やPSI-CELP(Pitch Synchronous Innovation-CELP: 3.45 Kbps)といった、極低レートな符号化方式として実現されている。

【0063】CELP方式の概要を述べると、入力音声信号から線形予測分析によって、その信号の持つ特徴パラメータを抽出し、合成フィルタを構成する。予め、用意されている複数の励振信号(音源で、コードブックとして用意してある)を順次、合成フィルタにより音声信号レベルに変換し、入力音声信号との誤差を評価し、誤差最小のベクトルのインデックスを符号として伝送する様にした高能率符号化である。

【0064】本発明では、CELP方式の持つ高能率な情報圧縮性を利用して電話帯域より広帯域の音声信号を扱う

為に必要な構成を提案するが、関連する発明として「高能率音声伝送方法及び高能率音声伝送装置」が本出願人より出願されており、本発明はそれを改良したものである。以下、図5を用いて説明する。

【0065】図中、ベクトル化手段101 はPCM 符号化された入力音声信号をベクトル化する部分であり、線形予測分析手段103 はある周期毎に、入力音声信号列を線形予測分析処理を行い、その時の反射係数を算出する部分である。

【0066】フィルタ係数算出手段104 は、線形予測分析手段103 が算出した反射係数を、反射係数テーブル105 によって量子化した後、合成フィルタ106、聴覚重み付けフィルタ107 のそれぞれで使用するフィルタ係数を算出する部分である。

【0067】適応コードブック109 は過去の利得調整された励起信号、即ち、過去に最適と判断された合成フィルタの入力信号を蓄積しており、利得手段111 はその利得を調整する部分である。

【0068】固定コードブック112 は駆動音源を蓄積しており、利得手段114 は利得を調整する部分である。加算手段115 は利得手段111 と利得手段114 から出力されたベクトルを加算する部分である。

【0069】差分手段 102は入力ベクトルと合成フィルタ106 で合成されたベクトルとの差分を取る部分である。合成フィルタ手段 106は利得調整された励振信号から信号を合成する部分である。

【0070】聴覚重み付けフィルタ 107は、入力ベクトルと合成ベクトルとの差分ベクトルに対し、聴覚的な重み付けを行う部分である。最小誤差計算手段 108は重み付けされた誤差ベクトルの評価を行う部分である。

【0071】なお、図5中の復号器の各手段については、対応する符号器の手段と同等の処理を行うので省略する。また、図5の信号の流れは次の様である。

【0072】PCM 符号化された入力音声信号は、ベクトル化手段101 で n 個を単位としてベクトルにまとめられるが、このベクトルをターゲットベクトルと云う。また、線形予測分析手段 103は、上記の入力音声信号に対して、1フレーム毎に線形予測分析を行って分析結果をフィルタ係数算出手段104 に送出する。そこで、フィルタ係数算出手段104 は分析結果を用いて、聴覚重み付けフィルタ係数、および合成フィルタ係数を算出して対応するフィルタに与える。

【0073】なお、係数算出に当たっては、線形予測分析によって得られた $1 \sim L$ 迄の L 個の各次数の反射係数を、それぞれ必要なレベルで用意した反射係数テーブル105で量子化し、その量子化値を用いてフィルタ係数に変換する。

【0074】適応コードブック109 の各出力ベクトルに対し、利得手段111 でそれぞれ最適な利得を与えた利得付与適応コードベクトルと、固定コードブック112 の各

ベクトルに対し、利得手段114でそれぞれ最適な利得を与えた利得付と固定コードベクトルを加算手段115で加算する。

【0075】そして、加算手段115の加算結果を、フレーム毎にフィルタ係数が更新されている合成フィルタ106を通過させることにより、重み付け領域のベクトル(以下、重み付け信号と云う)に変換し、差分手段102に加える。

【0076】差分手段102には、ベクトル化手段101からの出力(以下、ターゲットベクトルと云う)も加えら

れているので、重み付け信号とターゲットベクトルとの誤差を計算する。

【0077】誤差計算に当たっては、人の聴覚的な特徴を反映するする為の聴覚重み付けフィルタ107を通過させた後、最小誤差計算手段108で誤差評価を行う。誤差評価の結果、誤差が最小となる適応コードベクトルと固定コードベクトルの組合せを決定し、その時の各コードベクトルのインデックスである適応コードブック・インデックス①と固定コードブック・インデックス③及び各

コードブック・ゲインテーブル110、113のインデックスである適応コードブック・ゲイン・インデックス②、固定コードブック・ゲイン・インデックス④を符号化情報として、復調器へ伝送する。

【0078】また、フレーム周期毎に線形予測分析によって、反射係数テーブル105から得られた反射係数の量子化テーブル・インデックス⑤を、符号化情報として復号器へ伝送する。

【0079】さて、復号器では、フレーム周期毎に伝送される反射係数の各インデックス⑤及び各ベクトル毎に伝送される適応/固定コードブック・インデックス①/③と適応/固定コードブック・ゲイン・インデックス②/④を分離する。

【0080】そして、フレーム周期毎に、反射係数テーブル121から反射係数テーブル・インデックスに対応する量子化反射係数を読み出し、フィルタ係数算出手段120で合成フィルタの係数を生成・更新する。

【0081】また、各ベクトル毎に適応/固定コードブック123、126及び適応/固定コードブック・ゲイン・テーブル125、128からインデックスに対応する量子化利得を読み出し、利得調整手段124、127で利得調整を行ったものを符号器と同様に合成フィルタ122を通過させることで音声信号を再生する。

【0082】ここで、広帯域の音声信号を扱う場合には、その中に含まれるフォルマントの数が増える為、周波数特性を再現する合成フィルタの次数Lを16~20とする。また、低レートを実現する為には、1ベクトル当りのサンプル数と1フレーム当りのベクトル数の両方を大きくする。

【0083】本発明の場合、1ベクトル当りのサンプル数nは30~40が適当であり、1フレーム当りのベクトル

数mは8から10程度となる。また、CELP方式は、一般に演算量が大きく、多くの演算量削減の方式が提案されている。

【0084】本発明では、特に演算量の大きい合成フィルタのインパルス応答行列と適応コードベクトルとの畳み込み演算の回数を削減する演算手段を提供する。

【0085】

【発明の実施の形態】図6は第1~第3の本発明の実施例の機能説明図(符号器)、図7は図6の処理手順説明図、図8は図6の符号器に対応する復号器の機能説明図、図9は第6の本発明の実施例の機能説明図(復号器)である。

【0086】図10は第7~第9、第11の本発明の実施例の機能説明図(符号器)、図11は図10の処理手順説明図、図12は第10、第12の本発明の実施例の機能説明図(復号器)、図13は図12の処理手順説明図である。

【0087】図14はデータ格納順序説明図で、(a)は正順格納で、従来例の場合、(b)は逆順格納で、第7の本発明の実施例の場合、図15は図14(a)の場合の演算量説明図(その1)、図16は図14(a)の場合の演算量説明図(その2)、図17は第7の本発明の実施例の演算量説明図(その1)、図18は第7の本発明の実施例の演算量説明図(その2)である。

【0088】図19は適応コードブックのピッチ予備探索方法説明図(全ベクトルで毎回ピッチ抽出評価を行う場合)で、(a)は探索範囲説明図、(b),(c)は処理手順説明図、図20は第8の本発明の実施例の説明図(前ベクトルのピッチ情報を中心に前後数サンプルの範囲についてのみ評価を行う場合)で、(a)は本発明の探索方法説明図、(b),(c)は処理手順説明図である。

【0089】ここで、全図を通じて同一符号は同一対象物を示す。また、上記で詳細説明した部分については概略説明し、本発明の部分については詳細説明する。以下、図6~図9と図10~図18について説明する。

【0090】先ず、図6~図9の説明を行う。図6において、ベクトルバッファ部分12は、入力音声信号(例えば、16KHzでサンプリングされた16ビットのリニアPCM化された音声データ)からmサンプル(mは正の整数)の連続する音声ベクトル信号S(n)を生成する。

【0091】第1の聴覚重み付けフィルタ62aは、上記の音声ベクトル信号S(n)に対して聴覚重み付け処理した音声ベクトルV(n)を生成する。長期予測フィルタ41は音声の基本ピッチ周波数のK倍(Kは正の整数)の周波数成分のレベルを高くする楕円形フィルタであり、短期予測フィルタ42は音声のスペクトルを包絡させた周波数特性を持つフィルタである。

【0092】そして、長期予測フィルタ41と短期予測フィルタ42と第2の聴覚重み付けフィルタ62bをカスケード接続し、長期予測フィルタ41の入力信号として0,0,...,0を加えた時の第2の聴覚重み付けフィルタ62bの

出力を計算する(この出力を0入力応答信号と云う)。

【0093】さて、第1の聴覚重み付けフィルタ62aで聴覚重み付けされた入力音声信号 $v(n)$ と、第2の聴覚重み付けフィルタ62bからの0入力応答信号 $r(n)$ とが、第1の差分計算部分61aで $v(n)-r(n)$ の計算が行われ、差分出力(以下、ターゲットベクトルと云う) $x(n)$ を得る。

【0094】このターゲットベクトル $x(n)$ と、VQコードブック51の音源パターンから生成される合成音声信号 x_j との誤差が最小となる様にVQコードブック51のインデックスを決定する。

【0095】VQコードブック51には、上記の様にQ種類の音源パターンが予め用意されており、VQコードブックのインデックスの探索は下記の手順で行われる。VQコードブック51のj番目のインデックスから取り出された1ベクトルの音源パターン(以下、コードベクトルと云う)を、

y_j ($y_j = y_j(0), y_j(1), \dots, y_j(n-1)$) とする。

【0096】コードベクトル y_j は、利得部分52において、予測した入力信号の振幅に対応した利得 σ が与えられた後、インパルス応答ベクトル43の出力が印加したインパルス応答フィルタ44に加えられてフィルタ処理される。

【0097】ここで、インパルス応答ベクトル部分43 *

$$H = \begin{vmatrix} h_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ h_1 & h_0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ h_2 & h_1 & h_0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{n-1} & h_{n-2} & h_{n-3} & \dots & h_2 & h_1 & h_0 \end{vmatrix}$$

なお、1行目は t_0 、2行目は $t_1 \dots$ の時のフィルタ出力、「 σy_j 。」は入力を示す。

【0103】この時、ターゲットベクトル $x(n)$ と x_j との自乗誤差が最小となる様にVQコードベクトルのインデックスjが決定される。j番目のコードベクトル選択時の $x(n)$ と x_j の自乗誤差を D_j とすると、

$$D_j = |x(n) - x_j|^2 = |x(n) - H \cdot \sigma y_j|^2$$

で表され、この計算は第2の誤差計算部分61bと最小自乗誤差計算部分63で行われる。

【0104】ここで、全コードベクトルに対する誤差が計算され、その値が最小となるコードブックのインデックス(即ち、最適インデックス)が決定される。LPC分析部分11は、上記のLPC分析窓を通った入力音声信号からLPC分析(線形予測分析)を行って、生成した聴覚重み付けフィルタ係数を、第1、第2の聴覚重み付けフィルタ62a, 62bに送出し、短期予測フィルタ42の次数に応じた個数の反射係数を、反射係数量子化部分23とピッチ周期抽出部分31に送出する(短期予測フィルタの次数がN次の時、生成される反射係数はN個である)。

【0105】反射係数量子化部分23は、印加したN個の

*は、LPC分析結果により得られた聴覚重み付けフィルタ係数、短期予測フィルタ係数、長期予測フィルタ係数、ピッチ周期を用いてインパルス応答ベクトルを算出し、この応答ベクトルをインパルスバース応答フィルタ44に印加する。

【0098】そこで、インパルス応答フィルタ44は、カスケード接続された長期予測フィルタ41、短期予測フィルタ42、聴覚重み付けフィルタ63bにインパルスが入力した時のインパルス応答特性と同じ応答特性を持つことになり、この時の1ベクトル分の応答信号を $h(0), h(1), \dots, h(n-1)$ とする。

【0099】これにより、インパルス応答フィルタ44は、 $h(0), h(1), \dots, h(n-1)$ をフィルタ係数とするFIR形フィルタで表される。

【0100】さて、このインパルス応答フィルタ44に、最適利得を与えたコードベクトルが印加した時の応答特性を

$$x_j \quad (y_j = x_j(0), x_j(1), \dots, x_j(n-1))$$

とすると、 x_j は(1)式で表される。

$$[0101] \quad x_j = H \cdot \sigma y_j \quad (1)$$

ここで、伝達関数 H (インパルス応答行列式 H)は下記の行列で表される。

【0102】

【数1】

反射係数に対して、予め設けられた反射係数テーブル24を参照して、一番近い反射係数に量子化して短期予測フィルタ係数生成部分25に送出する。なお、量子化時の最適な反射係数テーブル24の反射係数インデックスは伝送情報となる。

【0106】そこで、短期予測フィルタ係数生成部分25は、量子化された反射係数を短期予測フィルタ係数に変換して、符号化処理に使用される。一方、ピッチ周期抽出部分31は、ベクトルバッファ12に格納された入力音声信号とLPC分析部分11からの分析結果を用いて、上記入力音声信号の基本ピッチ周期の抽出とLPC予測残差信号を生成して長期予測係数量子化部分35に送出する。

【0107】長期予測係数量子化部分35は、基本ピッチ周期及びLPC予測残差信号を用いて長期予測フィルタ係数を計算した後、計算した長期予測フィルタ係数を、長期予測フィルタテーブル34に予め格納された量子化値のうち、最も近い量子化値に量子化される。

【0108】なお、長期予測フィルタは3次の伝達関数で表され、フィルタ係数は3個存在する。本発明では3個のフィルタ係数を1ベクトルとし、このベクトルとの

誤差が最小となる様に長期予測フィルタ係数テーブル34を探索する。また、ここで量子化された長期予測フィルタ係数は符号化処理に使用される。

【0109】ここで、これらの処理によって生成された音声符号化情報(VQコードブックのインデックス、反射係数インデックス、長期予測フィルタ係数インデックス)は多重部によって回線側に送る為のフォーマット変換が行われる。

【0110】図7において、図に示す処理手順の詳細説明は上記図6の動作説明と重複するので省略し、各ステップの処理が図6のどの部分で行われるかなどについて説明する。

【0111】なお、図7に示す処理手順は、1フレームが第1ベクトルと第2ベクトルで構成され、ステップ1(S1)～ステップ8(S8)までは、第1、第2ベクトルに対する処理、ステップ10(S10)は第2ベクトル迄の処理が終了した時点で、次の処理を行う為の前準備(LPC分析)を行う部分である。

【0112】従って、第1ベクトル、第2ベクトルに対する処理が終了しない間はステップ10には移らない。さて、ステップ1では、インパルス応答ベクトル部分43が、入力した長期予測フィルタ係数、短期予測フィルタ係数、聴覚重み付けフィルタ係数及びピッチ周期を用いてインパルス応答計算を行って初期化を行う。

【0113】ステップ2では、ベクトルバッファ部分12が、入力音声信号に対してベクトル化処理を行ってm サンプルの音声ベクトル信号s(n)を生成する。ステップ3では、聴覚重み付けフィルタ62aが、ステップ2で得られた音声ベクトル信号に対して聴覚重み付けを行う。

【0114】ステップ4では、カスケード接続された長期予測フィルタ41、短期予測フィルタ42、聴覚重み付けフィルタ62bに対する0入力応答計算(ZIR計算)を行う。即ち、長期予測フィルタに0, 0, 0, ... を印加して各フィルタのフィルタ特性(応答状態)を計算し、計算結果を各フィルタに内蔵するメモリに格納する。

【0115】ステップ5では、聴覚重み付けフィルタ62aの出力V(n)と、聴覚重み付けフィルタ62bの出力r(n)の差分を計算してターゲットベクトルx(n)を求める。ステップ6では、VQコードブック51から取り出されたコードベクトルを増幅部分52、インパルス応答フィルタ部分44を介して出力したインパルス応答ベクトルxjと、上記のターゲットベクトルx(n)との誤差を計算して比較ベクトルを求める。

【0116】ステップ7では、VQコードブック51→インパルス応答フィルタ44→誤差計算部分61b→最小自乗誤差計算部分63→VQコードブック51からなるループを用いて、最小自乗誤差となるVQコードブックのインデックスの探索を行う。

【0117】ステップ8では、符号化処理してVQコード

ブックの最適インデックスが検索できれば、最適インデックスのコードベクトルを利得部分52を介して、長期予測フィルタ41、短期予測フィルタ42、聴覚重み付けフィルタ62bに印加して、これらのフィルタの応答を計算させる。これにより、“0状態応答”の計算結果が得られる。

【0118】なお、ステップ8の計算を実施する際、ステップ4で行った計算結果を一時、退避させてメモリの内容を“0”にクリアしておく。そして、“0状態応答”の計算結果と退避させたメモリ内容を加算して、各フィルタのメモリ内容を更新するが、この更新は毎回行わなければならない。

【0119】ステップ9では、第2ベクトルまで終了してなければステップ2に戻り、終了すればステップ10に移行する。ステップ10では、

- a.「前フレームの入力データのLPC分析」と「聴覚重み付けフィルタ係数の適応」はLPC分析部分11で処理し、
- b.「短期予測フィルタ係数の適応」は反射係数量子化部分23、反射係数テーブル24、短期予測フィルタ係数生成部分25で処理し、
- c.「ピッチ周期抽出」はピッチ周期抽出部分31で処理し、
- d.「長期予測フィルタ係数の適応」は長期予測係数量子化部分35、長期予測フィルタ係数テーブル34で処理し、
- e.「利得の適応」は利得適応器53で処理し、
- f.「インパルス応答計算」はインパルス応答ベクトル部分43で処理する。

【0120】図8において、受信した音声符号化情報は分離部71でVQコードブック51のインデックス、反射係数テーブル26のインデックス、長期予測フィルタ係数テーブル36のインデックス及びピッチ周期に分離される。

【0121】分離されたそれぞれのインデックスを用いて、VQコードブック51から対応したコードベクトル、反射係数テーブル26から対応した反射係数、長期予測フィルタ係数テーブル36から対応した長期予測フィルタ係数がそれぞれ得られる。

【0122】また、短期予測フィルタ係数生成部25は、入力した反射係数を用いて短期予測フィルタ係数を生成する。そして、短期予測フィルタ係数を短期予測フィルタ42に、長期予測フィルタ係数をピッチ周期が加えられた長期予測フィルタ41に、それぞれ与える。

【0123】一方、上記のコードベクトルは、利得部分52で利得適応器53が示した最適利得が与えられた後、長期予測フィルタ41と短期予測フィルタ42を通過して復号音声生成されて取り出される。

【0124】図9において、受信した音声符号化情報は分離部71でVQコードブック51のインデックス、長期予測フィルタ係数テーブル36のインデックス及びピッチ周期に分離される。

【0125】分離されたそれぞれのインデックスを用いて、VQコードブック51から対応したコードベクトル、長期予測フィルタ係数テーブル36から対応した長期予測フィルタ係数がそれぞれ得られる。

【0126】短期予測フィルタ42のフィルタ係数は、このフィルタが過去に出力した復号音声信号を適応器46においてLPC分析することにより求められる。利得適応器53は、過去にVQコードブック51から出力されたVQコードベクトルと、それに付加した利得から現在のコードベクトルに与える利得を予測する。

【0127】そこで、VQコードブック51から取り出されたコードベクトルは、利得部分52で最適な利得が与えられた後、ピッチ周期と長期予測フィルタ係数が加えられた長期予測フィルタ、短期予測フィルタを通過して復号音声信号として出力する。

【0128】つまり、本発明によれば、フレーム長及びベクトル長が短い為、符号化による遅延時間を短くすることができる。これにより符号化処理に必要な各種データを格納する為のバッファメモリが小さくなり、ハードウェア規模を削減することができ、ひいては音声符号化装置全体のコストダウン及び低消費電力化に寄与するところが多い。

【0129】また、短期予測フィルタの出力である合成音声信号をLPC分析して、短期予測フィルタ係数を生成することにより、符号器は短期予測フィルタ係数の情報を復号器側に伝送する必要がなくなり、より低ビットレート化の可能性がある。

【0130】更に、本方式では処理された音声はVQコードブックのコードベクトル数によって音質が異なる。そこで、短期予測フィルタ係数の情報を削減する代わりに、VQコードブックのコードベクトルの数を増加することにより、同じビットレートでより音質の向上が可能となる。

【0131】次に、図10～図20の説明を行うが、図10～図13の基本的な処理手順は図6～図8と同等であり、上記で詳細説明してあるので概略の説明を行う。なお、大きな変更点としては後述する様に、基本ピッチ成分を再現する為に長期フィルタの代わりに適応コードブックを設けたことである。

【0132】さて、図10の動作を図11の処理手順を用いて概略説明する。先ず、“0”を印加してプログラムの初期化した後、インパルス応答ベクトル生成部116でインパルス応答計算を行う。

【0133】ここで、インパルス応答ベクトル生成部116は、合成フィルタと聴覚重み付けフィルタを縦続接続し、これらのフィルタに合成フィルタ係数、聴覚重み付けフィルタ係数を与えて構成してあるが、ここにインパルスを印加してその出力 $h(n)$ を求める。

【0134】この時、インパルス応答フィルタ117ではインパルス応答ベクトル $h(n)$ とコードベクトルとの畳み

込み演算を行って0状態応答ベクトル $y(n)$ を求める(S1、S2参照)。

【0135】また、ベクトルバッファ101での入力音声信号のベクトル化(S3参照)、聴覚重み付けフィルタ107bにおける入力ベクトルの聴覚重み付けフィルタリング(S4参照)、聴覚重み付け合成フィルタ(106、107a)の零入力応答ベクトル $r(n)$ 計算及び聴覚重み付けフィルタ107bの出力であるターゲットベクトル $V(n)$ との減算(S5参照)、減算部102aでのターゲットベクトル $x(n)$ の計算(S6参照)、適応コードブック109でのピッチ p 探索処理、最適利得 β 計算から適応コードブック・インデックス、適応コードブック・ゲイン・インデックスの決定、固定コードブック112でのコード c の探索処理、最適利得 γ 計算から固定コードブック・インデックス、固定コードブック・ゲイン・インデックスの決定、最適コードブック109の更新処理(S7～S9参照)、各部フィルタメモリ106、107a、116、117での更新を行う(S10参照)。そして、フレーム処理可否かをプログラムが判断する(S11参照)。

【0136】これは、線形予測分析103、反射係数量子化部104a、フィルタ係数生成部104bはフレーム毎に処理するが、それ以外の部分はベクトル的に処理するが、これをプログラムが判定する為である。

【0137】プログラム処理であれば、線形予測分析部103での入力音声信号の線形予測分析、反射係数量子化部12での反射係数量子化を行って、反射係数テーブル105から反射係数テーブル・インデックスの決定、フィルタ係数生成部13での合成フィルタ106と聴覚重み付けフィルタ107a、107bのフィルタ係数生成、インパルス応答ベクトル生成部116での $h(n)$ の生成を行うことを繰り返す(S11～S15参照)。

【0138】また、図12に示す復号器の動作を図13の処理手順を用いて概略説明する。図13において、符号化器と同様にプログラムの初期化し、伝送符号を受信する(S1、S2参照)。その後、受信した適応コードブック・インデックス、適応コードブック・ゲイン・インデックスに対応する最適適応コードベクトルと最適適応コードベクトルゲインを、適応コードブック109と適応コードブック・ゲイン・テーブル110から取り出し、後者を利得手段111に付与する(S3参照)。

【0139】また、受信した固定コードブック・インデックス、固定コードブック・ゲイン・インデックスに対応する最適固定コードベクトルと最適固定コードベクトルゲインを固定コードブック112と固定コードブック・ゲイン・テーブル113から取り出し、後者を利得手段114に付与する(S4参照)。

【0140】そして、適応コードブック109の更新、合成フィルタ106の中のメモリの更新を行って出力音声信号を取り出し(S5、S6参照)、フレーム処理であれば、反射係数量子化部104aは受信した反射係数テーブル・イ

ンデックスに対応する反射係数を反射係数テーブルから取り出してフィルタ係数生成部104bに送る(S7, S8 参照)。

【0141】フィルタ係数生成部104bは、入力した反射係数を用いて合成フィルタ係数を生成することを繰り返す(S9 参照)。なお、生成した合成フィルタ係数は合成フィルタ106 に送られる。

【0142】さて、音声を再生する際、音声信号はある周期の繰り返しになっていると云うのが前提になっている。そこで図6に示す符号器の構成ではピッチ周期抽出部分31がベクトルバッファの出力を用いて抽出したピッチ周期を長期予測フィルタ41に与えて、利得部分52の出力ベクトルに周期的にピッチ成分を加えている。しかし、この方法の一番難しい点はピッチ周期の抽出の際に適切なピッチ周期が求め難いことである。

【0143】一方、適応コードブックは過去にどのような信号を送ってきたかという情報が蓄積されており、蓄積された信号の中から適正なものがあれば、それをもう一度取り出してくれば、ピッチ成分を合成することができる。

【0144】そこで、図10に示す符号器では長期フィルタの代わりに適応コードブック109を設けてある。即ち、適応コードブック109は、過去に発生した最適コードベクトルをある大きさ(ピッチ抽出範囲+1ベクトル長分)のバッファメモリに蓄積したものであり、過去の蓄積データから1ベクトル分、切り出し、その最適利得で*

$$W(z) = (1 - Q(z / \gamma_1)) / (1 - Q(z / \gamma_2))$$

$$0 < \gamma_2 < \gamma_1 \leq 1$$

$$Q(z / \gamma) = - \sum_{i=1}^l \alpha_i \gamma^i z^{-i} \quad l: \text{次数}$$

適応コードブック探索の評価式 D_k は次の様になる。

$$【0150】 D_k = \min |v_n - \beta H p| \quad H: \text{インパルス応答行列}$$

固定コードブック探索の評価式 D_k は次の様になる。

$$v_n = v_n - \beta_{opt} H p_{opt} \text{ として} \\ D_k = \min |v_n - \gamma H c| \quad H: \text{インパルス応答行列}$$

ここで、聴覚重み付けフィルタの伝達関数内の z はフィルタの遅延素子、 γ はパラメータ、適応コードブック探索の評価式の $v_n - \beta H p$ の部分は入力信号(ターゲットベクトル)と最適値との差分を求める部分、固定コードブック探索の評価式は適応コードブックで求めたMINの v_n を固定値とし、これを用いて自分の v_n MINを求めるので2段階処理(2つの式)となる。

【0151】また、インパルス応答行列式Hは次の様になる。

$$【0152】$$

$$【数4】 h_n = \{ h_0, h_1, h_2, \dots, h_{n-1} \} : \text{インパ}$$

* 利得調整を行った後、合成フィルタと聴覚重み付けフィルタを通過させて重み付け領域の信号、即ち、重み付け信号 $r(n)$ を生成し、入力ベクトル $v(n)$ との差分を評価する。

【0145】そして、次の切出しを1サンプルずらして上記と同様な処理を繰り返し、各差分信号の中から誤差が最小になるものを見つけ、そのベクトルの位置がピッチとなり、最適なコードベクトルとして、そのインデックスを符号情報として伝送する様にした。

【0146】なお、適応コードブック109は過去に発生した最適コードベクトルを、図15の適応コードブック y_0 に示す様に横長に格納し、位置 b から1ベクトル分を切り出し、次の切出しは1サンプルずらした位置 a から1ベクトル分切り出す様になっている。

【0147】ここで、図10中の機能ブロックで実現されているアルゴリズムは下記の様である。合成フィルタ106の伝達関数 $F(z)$ は、次の様になる。

$$【0148】$$

$$【数2】$$

$$F(z) = 1 / (1 + \sum_{i=1}^l \alpha_i z^{-i})$$

聴覚重み付けフィルタ107の伝達関数は、次の様になる。

$$【0149】$$

$$【数3】$$

ルス応答列

なお、このインパルス応答行列式と上記の伝達関数とは同じ式であるが、演算処理の為、インパルス応答行列としてある。

【0153】次に、図14~図18について説明する。一般に、配列要素に対して時系列に並んだデータを格納する場合、時刻の古いものや、配列の添字の小さい方から順に格納している。これはアルゴリズムの理論式で表現される添字との対応が付き易い為である。

【0154】例えば、図10の入力音声信号のベクトル化を下記の様に表現する場合、

$$\text{ベクトル } s(n) = [s_0, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}]$$

にはデータの到着順に s_0 から s_{n-1} に順次、格納(これを正順格納と云う)される(図14(a)参照)。

【0155】本発明では図14(b)に示す様に時間軸上での順序と配列の添字との順序を逆転している。その為、理論式との対応が付け難くなるが、実際のプロセッサ上では実現時に演算量を削減するのに役立つことになる(

後述する)。

【0156】また、図10のインパルス応答フィルタ117でコードベクトルから0状態応答ベクトル $y(n)$ を合成する際、図15に示す様にインパルス応答行列Hと適応コードブック109から取り出したコードベクトル y_0 との畳み込み演算を行う。

【0157】適応コードブック109は上記の様に、配列内のデータを1サンプルずつ、ずらしながら1ベクトルずつ切り出す。このベクトルに対して順次、畳み込み演算を行うが、その演算処理の削減の為に、前回のベクトル計算時の差分のみを計算する方法が取られる。

【0158】ここで、時刻の古いものを配列の添字の小さい方から順に格納する、従来通りの時系列と配列要素の順序が同じ場合、畳み込み演算は図16に示すようになる。ここでは、例として1ベクトル=10サンプルとし、 $i=0$ から $(n-1)$ の範囲で順に計算する場合、例えば、 $i=(n-10)$ の計算時には、 $i=(n-11)$ の点線内の部分が流用できる為、各行毎に最左列を減算し(差分計算①)、 $i=n-10$ の最下行のみを計算する(差分計算②)。

【0159】 $i=(n-9)$ の計算時にも、同様に、 $i=(n-10)$ の点線内の部分が流用できる為、各行毎に最左列を減算し、 $i=n-9$ の最下行のみを計算する。この時の演算回数は、

① 最左列の計算・・・積算：9回、減算：9回 → 差分計算①

② 最下行の計算・・・積算：10回、加算：10回 → 差分計算②

の合計38回の四則演算が必要である。また、その時、選択される最適コードブック・インデックスは、ベクトルの切り出し位置を使って、現在の位置を n とすると $(n-i)$ の計算が必要で直観的には判り難い。

【0160】これに対して、図17の様に格納順を逆転する。またこの場合は配列要素 y_0 は使用しないものとし、上記の同じ位置の計算を行なう場合を考える。 $i=11$ の計算時に $i=10$ の一部を流用した場合、図18に示す様に、最左列の分だけ加算すればよいことになる。

【0161】この時の演算回数は

① 最左列の計算・・・積算：10回、加算：9回

の19回の演算だけで済むことになる。また、この時の最適適応コードブック・インデックスも、現在の位置が $n=0$ となる為、ベクトルの切り出し位置 i の値がそのまま使えることになり、直観的にも判りやすい。

【0162】なお、図16において、 i を大きな値から小さな値の方向(後から前の方向)に順次、計算を行なえばよい。図16の(3)→(2)→(1)の順で計算を行なう。例えば、(1)の処理には(2)の点線内の部分のデータが流用でき、図18と同等の処理ができるが、最適コードブック・インデックスの算出(差分計算)には、 $(n-i)$ の計算は避けられず、従来例と同様な処理が必要であると云う問題が残る。この他にも、適応コードブックの演

算量削減には、連続するピッチ情報の間に強い相関関係がある性質を利用し、毎回全ピッチ抽出範囲について探索するのではなく、予めピッチ位置を予測し、その前後数サンプルについてのみ探索処理を行なう方法がある。

【0163】一般に行なわれている方法は、入力信号の線形予測残差波形の相関計算からピッチを算出し(長期予測フィルタと同じ)、適応コードブックのピッチ候補として利用する方法が用いられる。

【0164】この場合、ピッチの予備探索の為、入力信号から残差波形を求める為の逆フィルタや相関計算の為に相関計算手段などが別途必要となり、構成が複雑になる。本発明では、適応コードブック探索処理の中で、ピッチ候補を設定し、順次、更新する方法を取ることで、付加的なブロックは発生しない。この方法について、図19、図20を用いて説明する。

【0165】図19は全ベクトルで毎回ピッチ抽出評価を行なう方法で、適応コードブック探索は各ベクトル毎に行なわれる。ここでは、1フレーム内のベクトル数を m とし、各ベクトル番号として1から m を付加する。各ベクトル毎にその時の適応コードブック内のデータを利用し、ピッチ抽出範囲全体について探索し、 P_1 から P_m までの最適ピッチを求めるものとする。この場合、各ベクトルにおける探索演算の処理量は、抽出範囲が全体の為に全て同じである(図19(a)～(c)参照)。

【0166】ここで、一般に音声のピッチ周期は、連続する前後間では相関が強く、ほぼ一定の値をとることが判っている。つまり、 P_1 と P_2 、 P_2 と P_3 ・・・はほぼ同じ値が続くことが多い。そこで、この性質を利用して探索範囲を限定し、演算量を削減する方法を述べる。

【0167】図20において、第1ベクトルについては、上記と同様に全ピッチ範囲について探索し、 P_1 を求める。次の第2ベクトルでは P_1 の近くにある筈であるとして探索範囲を $P_1 \pm k$ の範囲に限定して探索を行い P_2 を得る。

【0168】なお、 K の選定には、例えば、図17の説明で求めた P_1 、 P_m から前後間の差分の平均や最大値を、複数の音声サンプルについて評価した結果から設定する方法が考えられる。

【0169】第3ベクトル以下も同様に前ベクトルのピッチ $\pm K$ の範囲で探索処理を行なうことにより、演算量の削減が図れる(図20(a)～(c)参照)。また、フレーム内で全ピッチ範囲を探索する処理を、第1ベクトルの1回だけに限らず、2ベクトルに1回、3ベクトルに1回と、複数回全ピッチ探索を行なう様にすることも考えられる。この場合、演算回数は増加するが、ピッチ探索の精度は上がることになり、特性の改善に効果がある。

【0170】上記はピッチ候補として1個を残す方法であるが、ピッチ候補として複数(2候補以上)残す構成にし、その各々の候補に対して $\pm K$ の範囲で探索処理を行なう様にすることも考えられる。ある候補に対する探

索処理は図20と同様であり、例えば、PIがP1-1, P1-2・と複数存在すると考えればよい。

【0171】

【発明の効果】以上、詳細に説明した様に本発明によれば、符号化による遅延時間を短くすることができる為、符号化処理に必要な各種データを格納するバッファメモリが小さくなり、ハードウェア規模を削減することができる。

【0172】また、短期予測フィルタの出力である合成音声信号をLPC分析して、短期予測フィルタ係数を生成することにより、符号器は短期予測フィルタ係数の情報を復号器側に伝送する必要がなくなり、より低ビットレート、または高音質化が可能で、高能率音声伝送装置の性能向上を図ることができると云う効果がある。

【0173】更に、本発明による符号化方式を採用することで、従来例と比べてより低い伝送レートでの広帯域音声を提供でき、より自然で臨場間のある環境が提供できる。また、畳み込み演算時にその処理順序を逆店することにより、その処理に必要な演算量を削減することが出来、実現ハードウェア規模を小さくすることができる

【図面の簡単な説明】

【図1】第1～第3の本発明の音声符号器の要部機能説明図である。

【図2】第4の本発明の音声符号器の要部機能説明図である。

【図3】図1の処理タイミング説明図である。

【図4】LPC分析窓説明図

【図5】第7～第12の本発明の音声符号器・復号器の要部機能説明図である。

【図6】第1～第3の本発明の実施例の機能説明図（符号器）である。

【図7】図6の処理手順説明図である。

【図8】図6の符号器に対応する復号器の機能説明図である。

【図9】第6の本発明の実施例の機能説明図（復号器）である。

【図10】第7～第9、第11の本発明の実施例の機能説明図（符号器）である。

【図11】図10の処理手順説明図である。

【図12】第10、第12の本発明の実施例の機能説明図（復号器）である。

【図13】図12の処理手順説明図である。

【図14】データ格納順序説明図で、(a)は正順格納で、従来例の場合、(b)は逆順格納で、第7の本発明の場合である。

【図15】図14(a)の場合の演算量説明図（その1）

である。

【図16】図14(a)の場合の演算量説明図（その2）である。

【図17】第7の本発明の実施例の演算量説明図（その1）である。

【図18】第7の本発明の実施例の演算量説明図（その2）である。

【図19】適応コードブックのピッチ予備探索方法説明図で、(a)は探索方法説明図、(b),(c)は処理手順説明図である。

【図20】第8の本発明の実施例の説明図で、(a)は探索方法説明図、(b),(c)は処理手順説明図である。

【図21】音声信号生成モデルの要部構成図の一例である。

【図22】ベクトル/フレームの説明図である。

【図23】従来例の符号器の処理タイミング説明図である。

【符号の説明】

11, 103 線形予測(LPC)分析

12, 101 ベクトルバッファ

21 反射係数コードブック

22 適応器

23, 104a 反射係数量子化部

24, 105 反射係数テーブル

25 短期予測フィルタ係数生成

31 ピッチ周期抽出部

32 適応器

33 長期予測係数コードブック

34 長期予測フィルタ係数テーブル

35 長期予測係数量子化

41 長期予測フィルタ

42 短期予測フィルタ

43 インパルス応答ベクトル

44, 117 インパルス応答フィルタ

51 VQコードブック

52, 111, 114 利得器

53 利得適応器

61 誤差計算部分

62, 107 聴覚重み付けフィルタ

63, 108 最小誤差自乗計算

109 適応コードブック

112 固定コードブック

116 インパルス応答ベクトル生成部

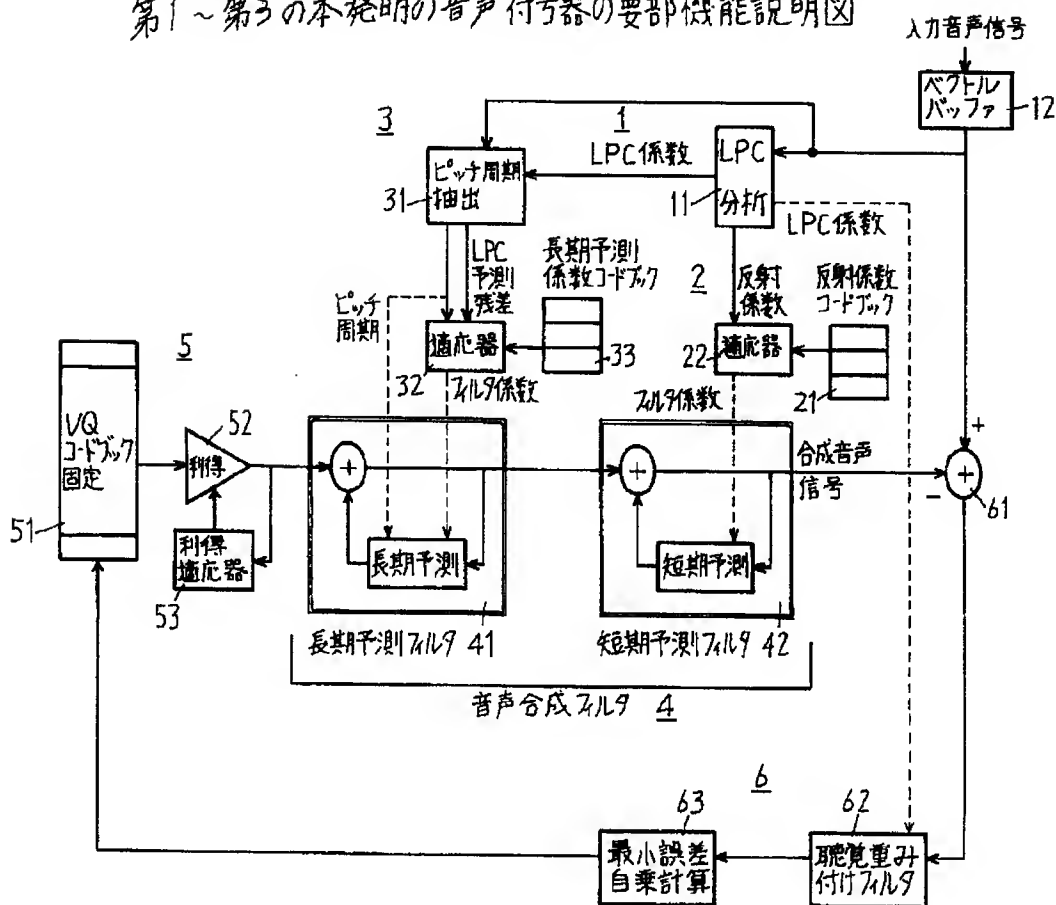
106 合成フィルタ

110 適応コードブック・ゲイン・テーブル

113 固定コードブック・ゲイン・テーブル

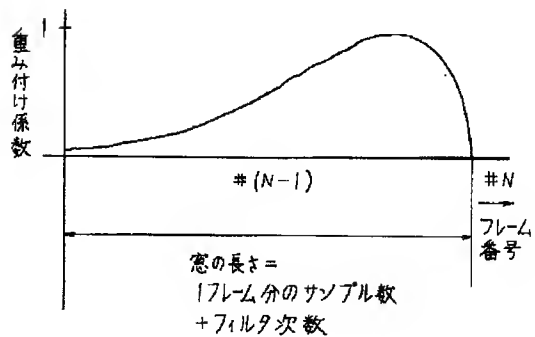
【図1】

第1～第3の本発明の音声符号器の要部機能説明図



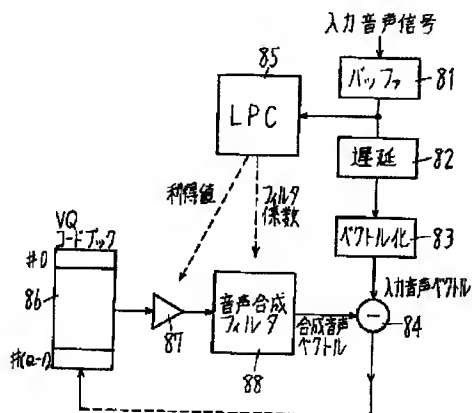
【図4】

LPC分析窓説明図



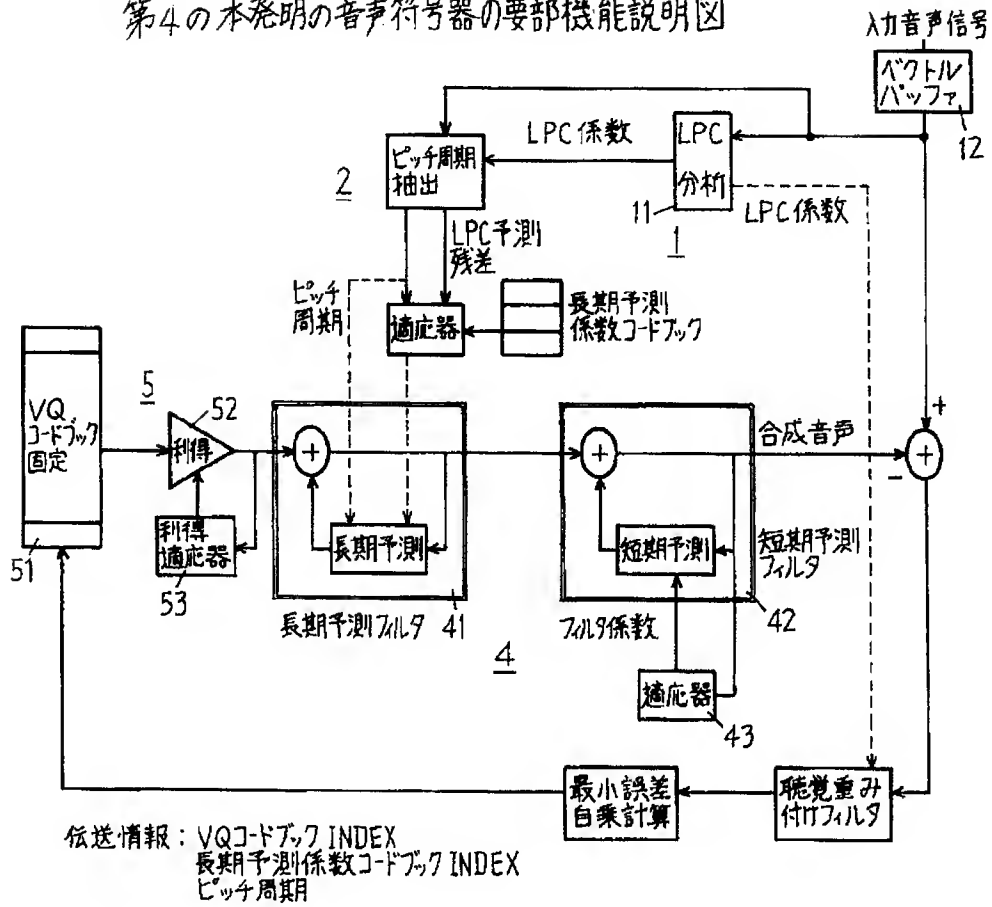
【図21】

音声信号生成モデルの要部構成図の一例



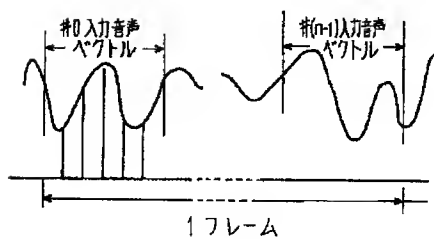
【図2】

第4の本発明の音声符号器の要部機能説明図



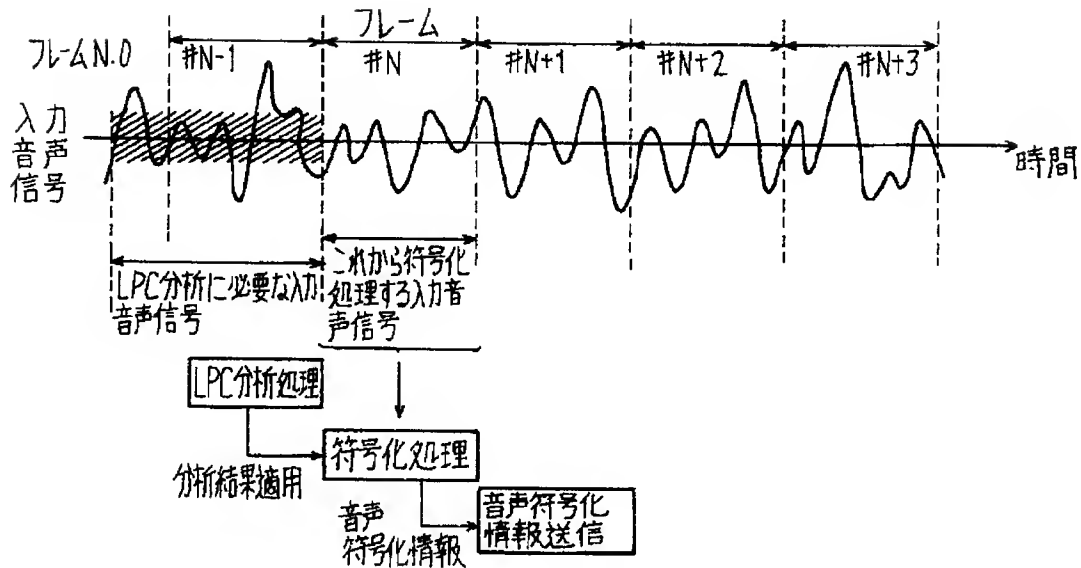
【図22】

ベクトル/フレームの説明図



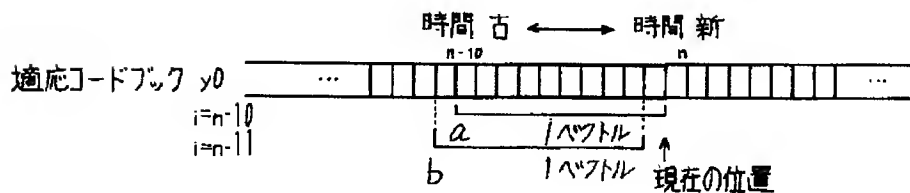
【図3】

図1の処理タイミング説明図



【図15】

図14(a)の場合の演算量説明図(その1)



インパルス応答行列

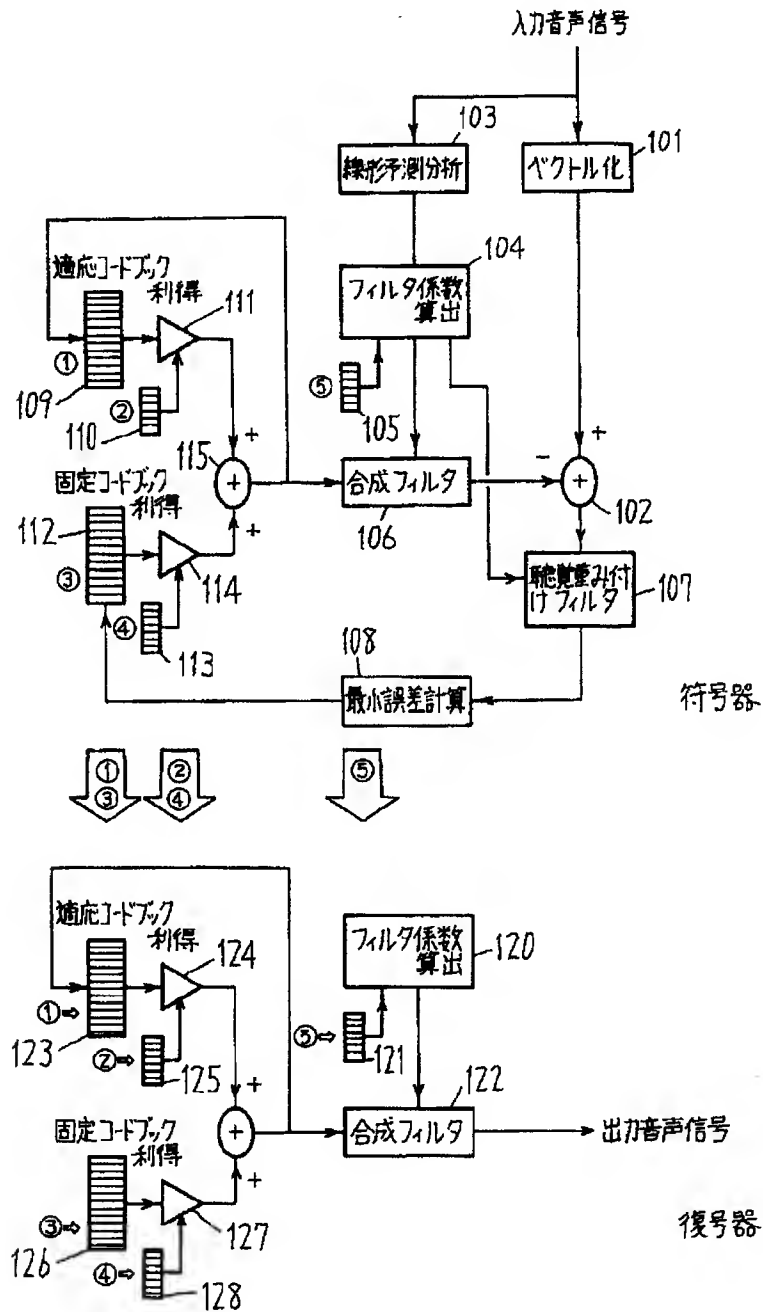
$$H = \begin{bmatrix} h_0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_1 & h_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_2 & h_1 & h_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_3 & h_2 & h_1 & h_0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_7 & h_6 & h_5 & h_4 & \cdots & h_0 & 0 & 0 \\ h_8 & h_7 & h_6 & h_5 & \cdots & h_1 & h_0 & 0 \\ h_9 & h_8 & h_7 & h_6 & \cdots & h_2 & h_1 & h_0 \end{bmatrix}$$

コードベクトル

$$y0 = \begin{bmatrix} y_i \\ y_{i+1} \\ y_{i+2} \\ y_{i+3} \\ \vdots \\ y_{i+7} \\ y_{i+8} \\ y_{i+9} \end{bmatrix}$$

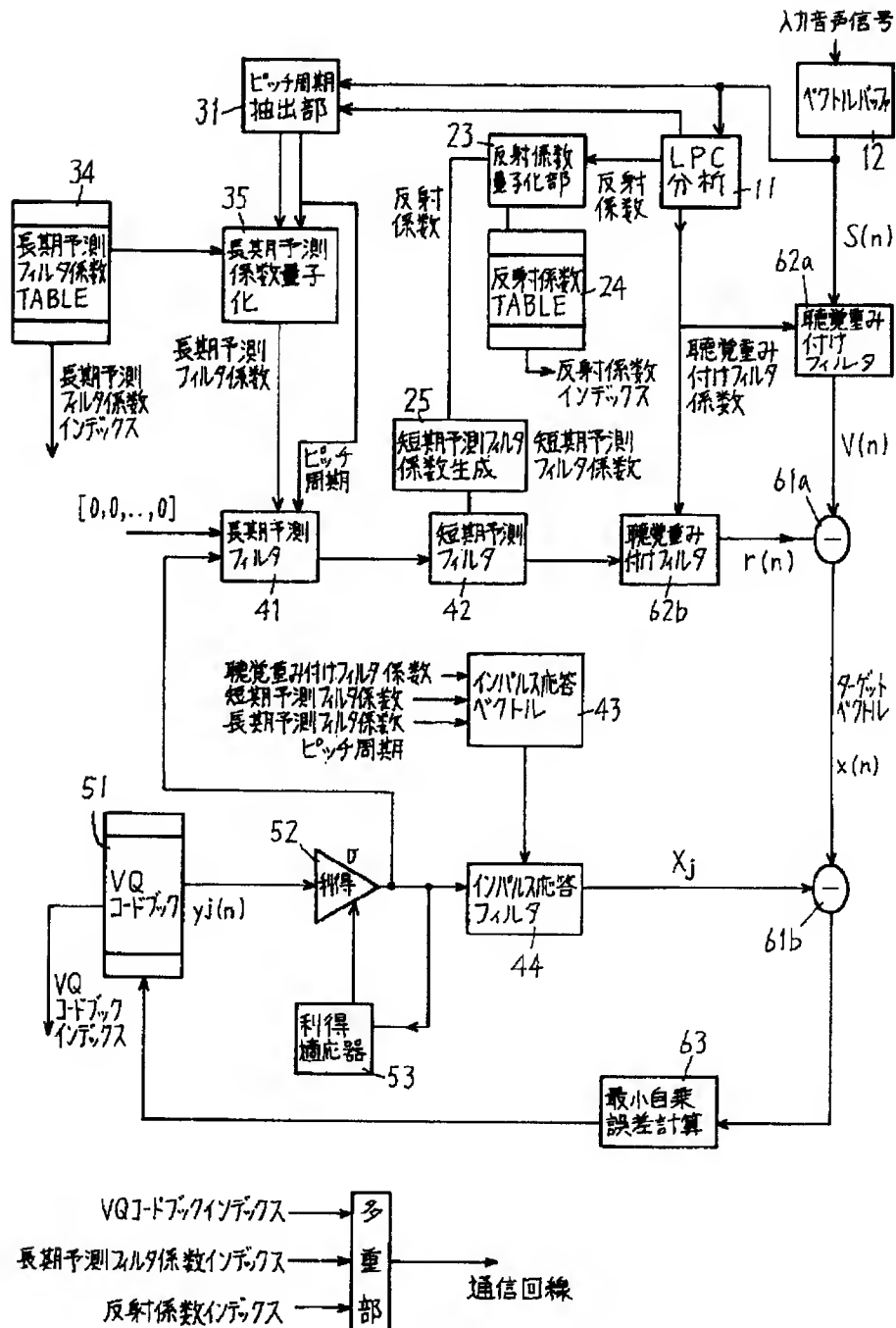
【図5】

第7~第12の本発明の音声符号器・復号器の要部機能説明図



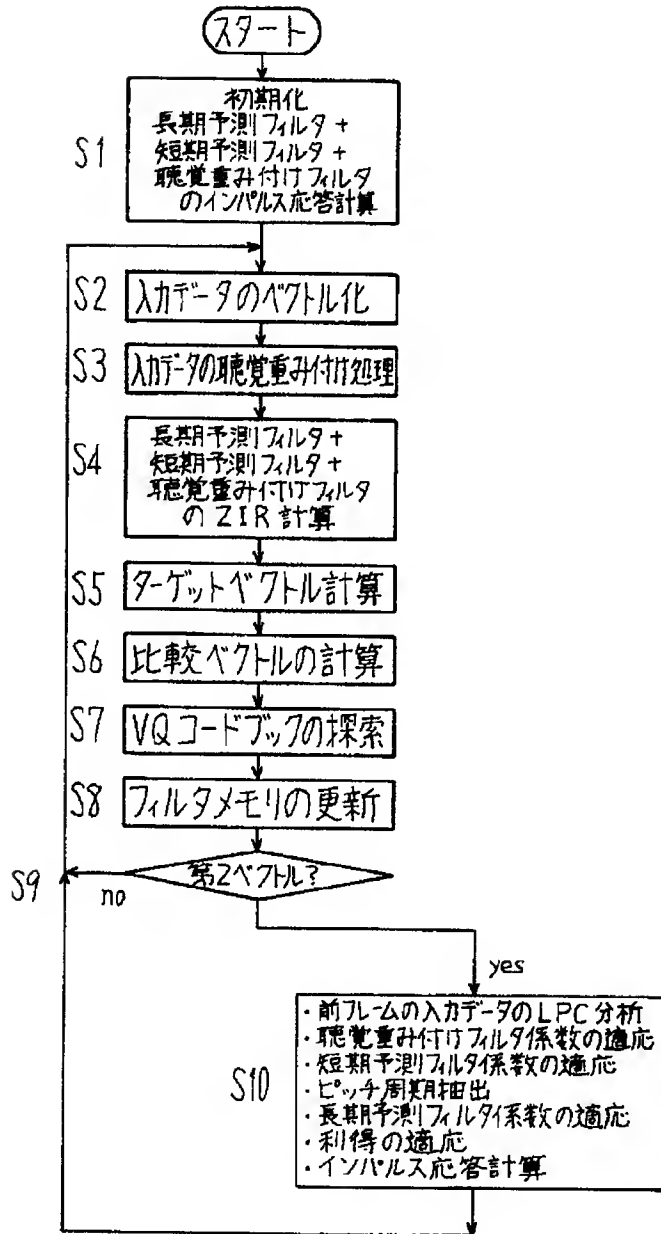
【図6】

第1～第3の本発明の実施例の機能説明図
(符号器)



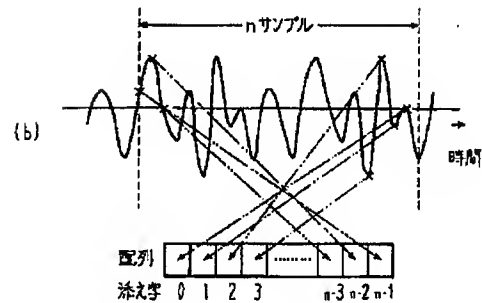
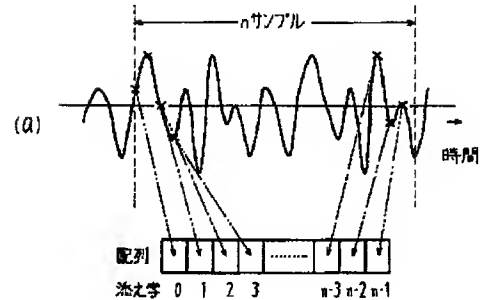
【図7】

図6の処理手順説明図



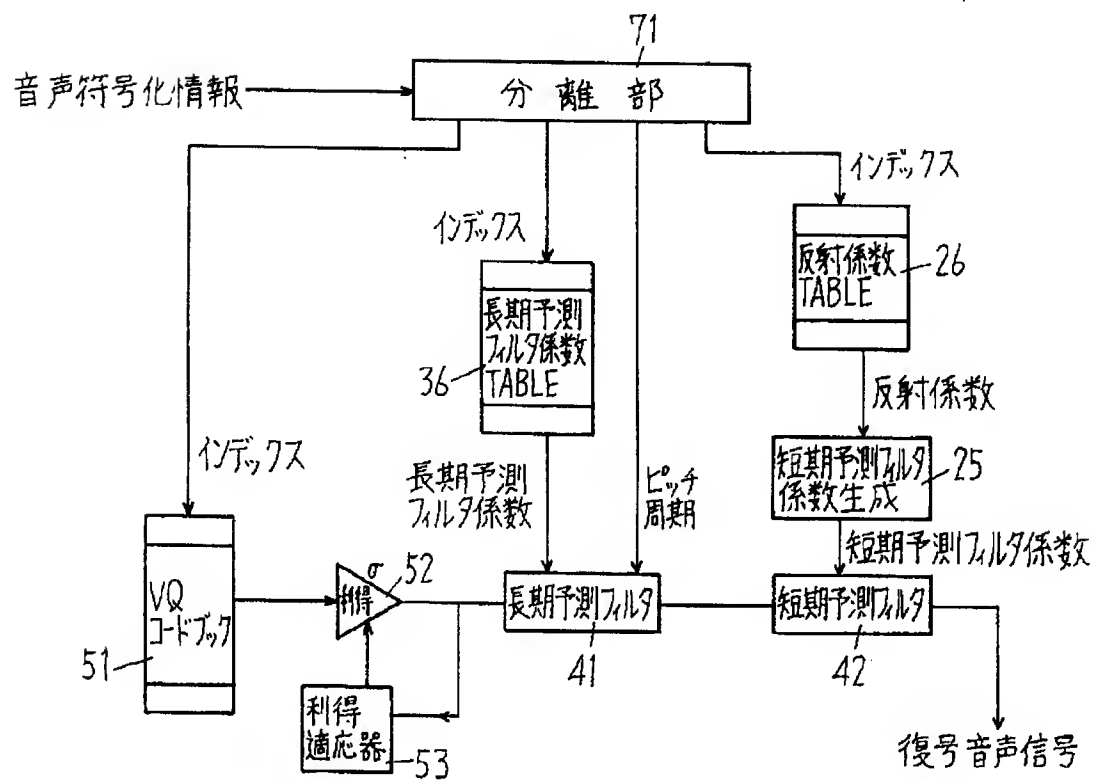
【図14】

データ格納順序説明図



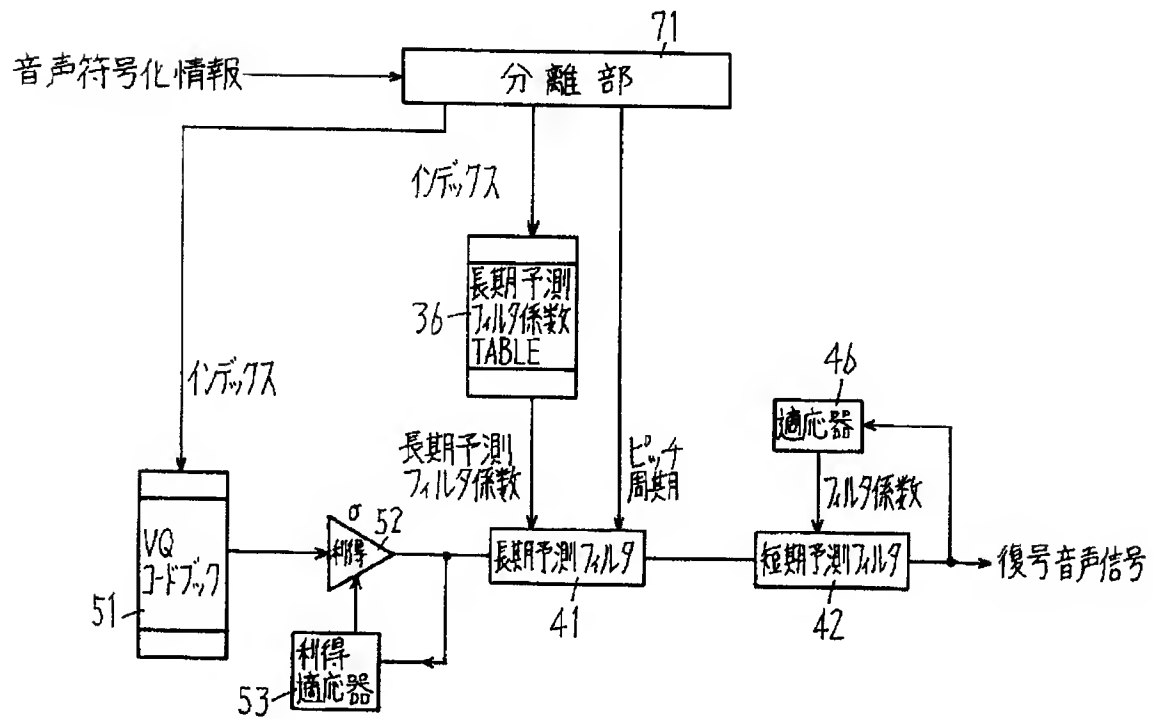
【図8】

図6の符号器に対応する復号器の機能説明図



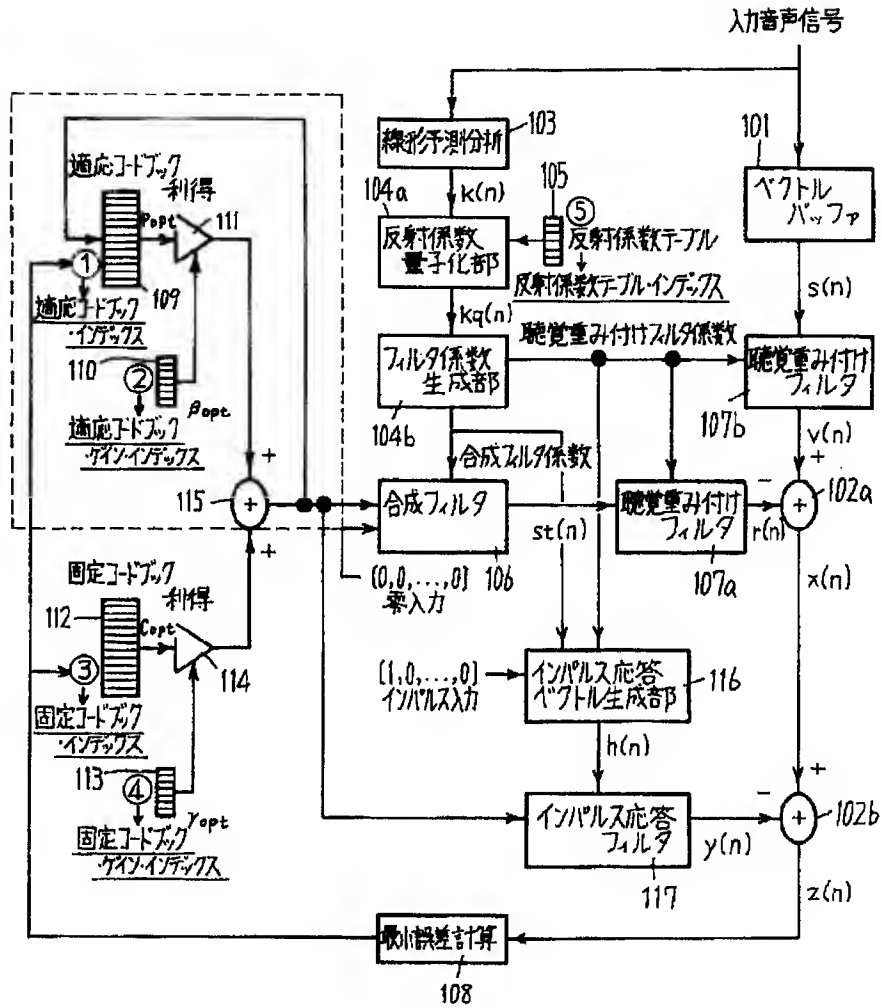
【図9】

第6の本発明の実施例の機能説明図（復号器）



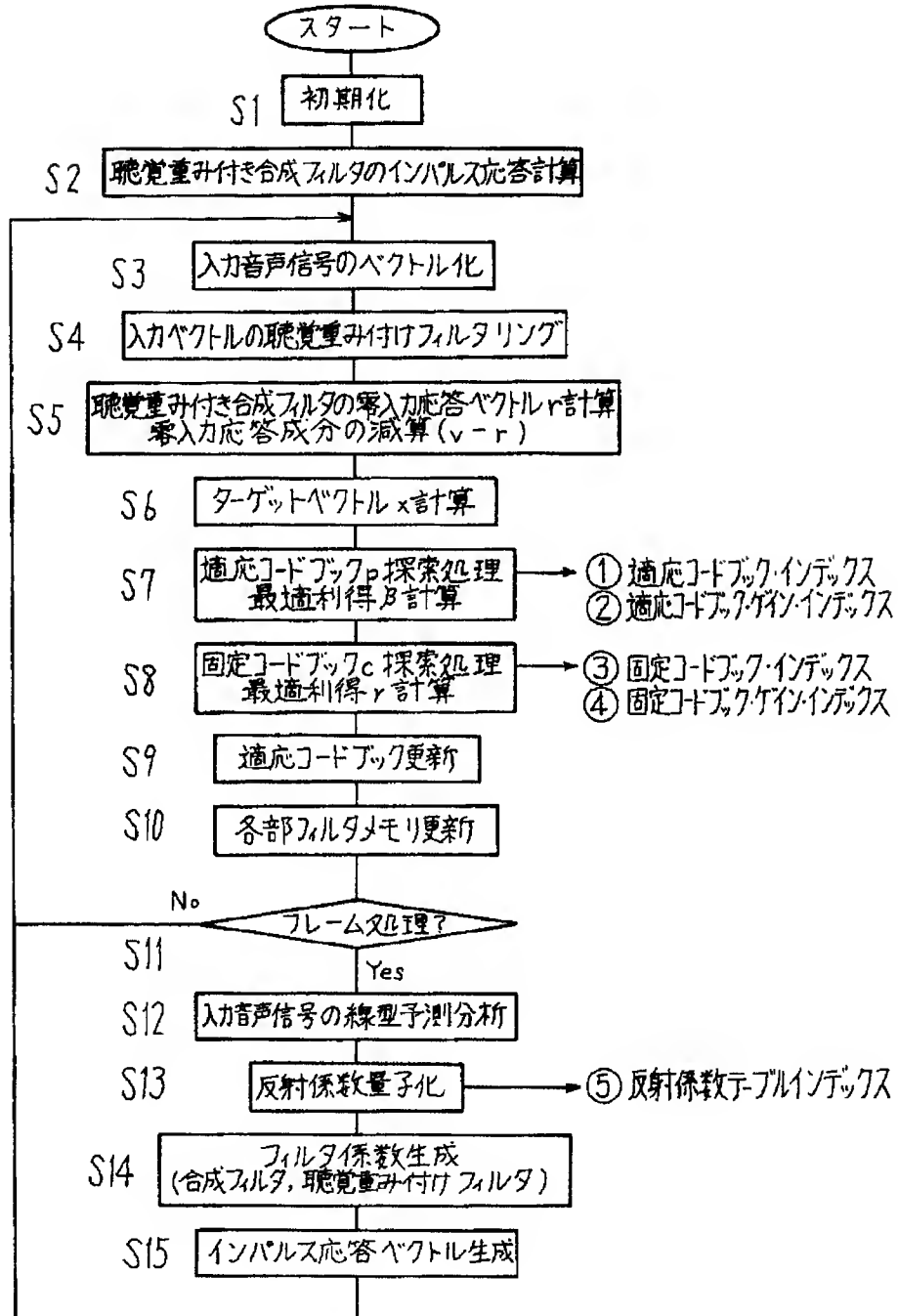
【図10】

第7～第9，第11の本発明の実施例の機能説明図
(符号器)



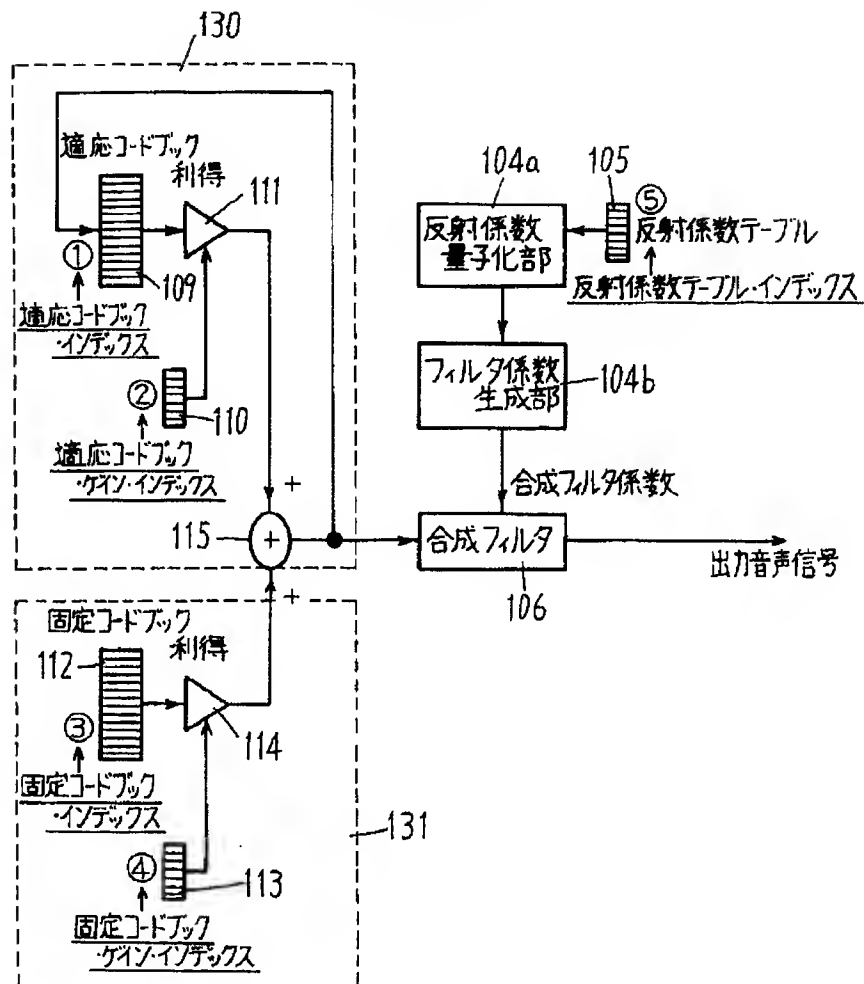
【図11】

図10の処理手順説明図



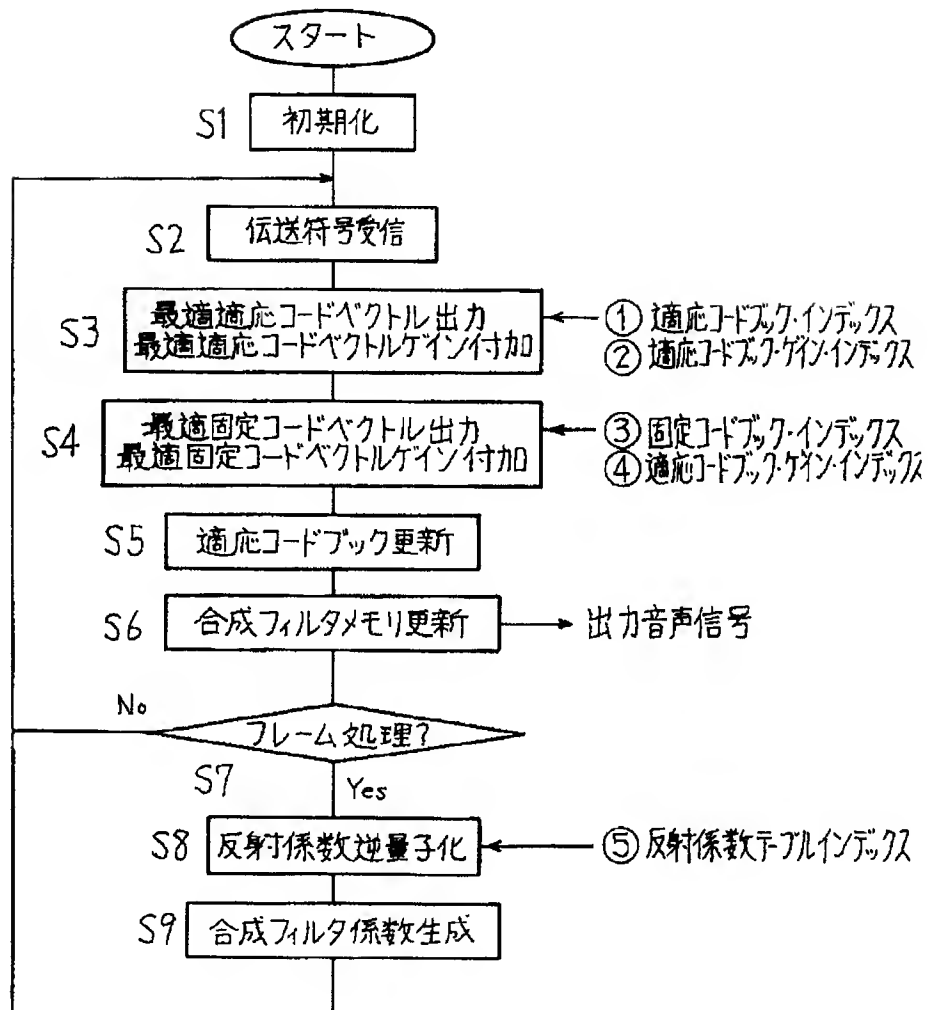
【図12】

第10、第12の本発明の実施例の機能説明図
(復号器)



【図13】

図12の処理手順説明図



【図16】

図14(a)の場合の演算量説明図(その2)

畳み込み演算

(1) $i=n-11$ の場合
 $H*y0=$

$$\begin{bmatrix} h_0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_1 & h_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_2 & h_1 & h_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_3 & h_2 & h_1 & h_0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_7 & h_6 & h_5 & h_4 & \cdots & h_0 & 0 & 0 \\ h_8 & h_7 & h_6 & h_5 & \cdots & h_1 & h_0 & 0 \\ h_9 & h_8 & h_7 & h_6 & \cdots & h_2 & h_1 & h_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{n-11} \\ y_{n-10} \\ y_{n-9} \\ y_{n-8} \\ \vdots \\ y_{n-4} \\ y_{n-3} \\ y_{n-2} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} h_0 y_{n-11} \\ h_1 y_{n-11} + h_0 y_{n-10} \\ h_2 y_{n-11} + h_1 y_{n-10} + h_0 y_{n-9} \\ h_3 y_{n-11} + h_2 y_{n-10} + h_1 y_{n-9} + h_0 y_{n-8} \\ \vdots \\ h_7 y_{n-11} + h_6 y_{n-10} + h_5 y_{n-9} + h_4 y_{n-8} + \cdots + h_1 y_{n-5} + h_0 y_{n-4} \\ h_8 y_{n-11} + h_7 y_{n-10} + h_6 y_{n-9} + h_5 y_{n-8} + \cdots + h_2 y_{n-5} + h_1 y_{n-4} + h_0 y_{n-3} \\ h_9 y_{n-11} + h_8 y_{n-10} + h_7 y_{n-9} + h_6 y_{n-8} + \cdots + h_3 y_{n-5} + h_2 y_{n-4} + h_1 y_{n-3} + h_0 y_{n-2} \end{bmatrix}$$

←差分計算①

(2) $i=n-10$
 $H*y0=$

$$\begin{bmatrix} h_0 y_{n-10} \\ h_1 y_{n-10} + h_0 y_{n-9} \\ h_2 y_{n-10} + h_1 y_{n-9} + h_0 y_{n-8} \\ h_3 y_{n-10} + h_2 y_{n-9} + h_1 y_{n-8} + h_0 y_{n-7} \\ \vdots \\ h_7 y_{n-10} + h_6 y_{n-9} + h_5 y_{n-8} + h_4 y_{n-7} + \cdots + h_1 y_{n-4} + h_0 y_{n-3} \\ h_8 y_{n-10} + h_7 y_{n-9} + h_6 y_{n-8} + h_5 y_{n-7} + \cdots + h_2 y_{n-4} + h_1 y_{n-3} + h_0 y_{n-2} \\ h_9 y_{n-10} + h_8 y_{n-9} + h_7 y_{n-8} + h_6 y_{n-7} + \cdots + h_3 y_{n-4} + h_2 y_{n-3} + h_1 y_{n-2} + h_0 y_{n-1} \end{bmatrix}$$

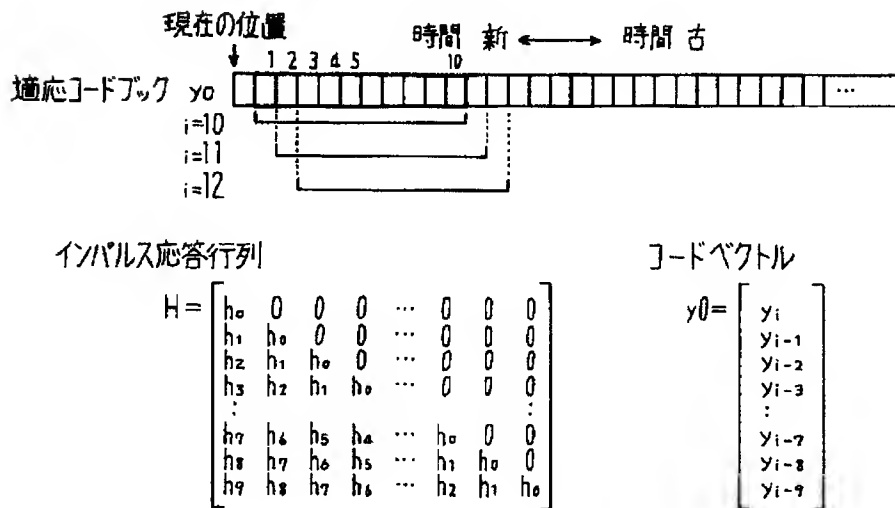
差分計算②→

(3) $i=n-9$
 $H*y0=$

$$\begin{bmatrix} h_0 y_{n-9} \\ h_1 y_{n-9} + h_0 y_{n-8} \\ h_2 y_{n-9} + h_1 y_{n-8} + h_0 y_{n-7} \\ h_3 y_{n-9} + h_2 y_{n-8} + h_1 y_{n-7} + h_0 y_{n-6} \\ \vdots \\ h_7 y_{n-9} + h_6 y_{n-8} + h_5 y_{n-7} + h_4 y_{n-6} + \cdots + h_1 y_{n-3} + h_0 y_{n-2} \\ h_8 y_{n-9} + h_7 y_{n-8} + h_6 y_{n-7} + h_5 y_{n-6} + \cdots + h_2 y_{n-3} + h_1 y_{n-2} + h_0 y_{n-1} \\ h_9 y_{n-9} + h_8 y_{n-8} + h_7 y_{n-7} + h_6 y_{n-6} + \cdots + h_3 y_{n-3} + h_2 y_{n-2} + h_1 y_{n-1} + h_0 y_n \end{bmatrix}$$

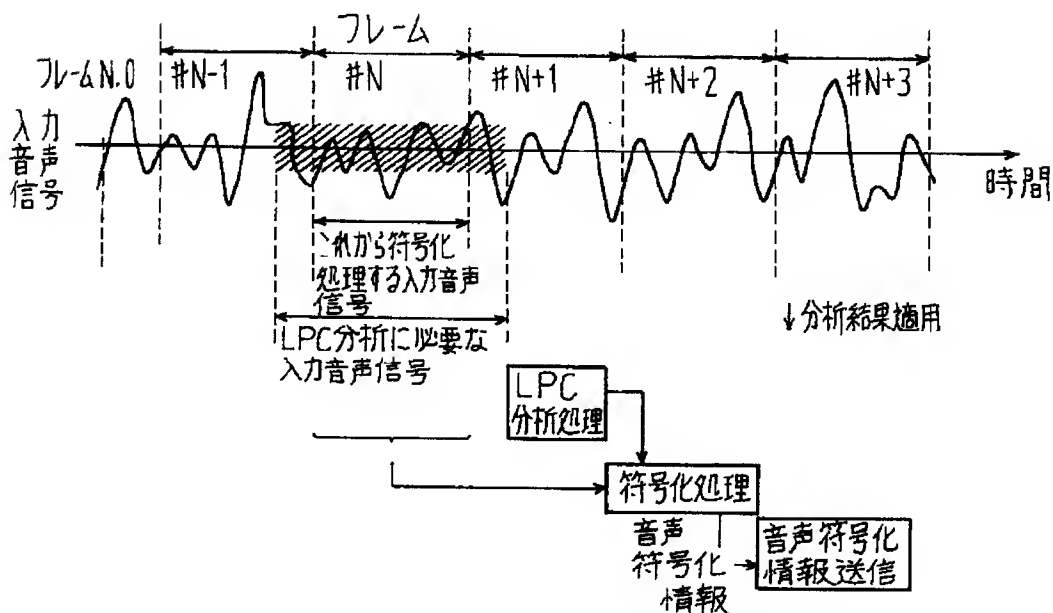
【図17】

第7の本発明の実施例の演算量説明図(その1)
(図14(b)の場合)



【図23】

従来例の符号器の処理タイミング説明図



【図18】

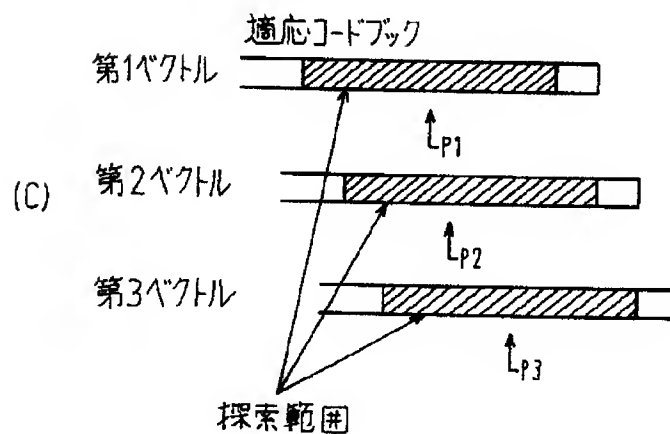
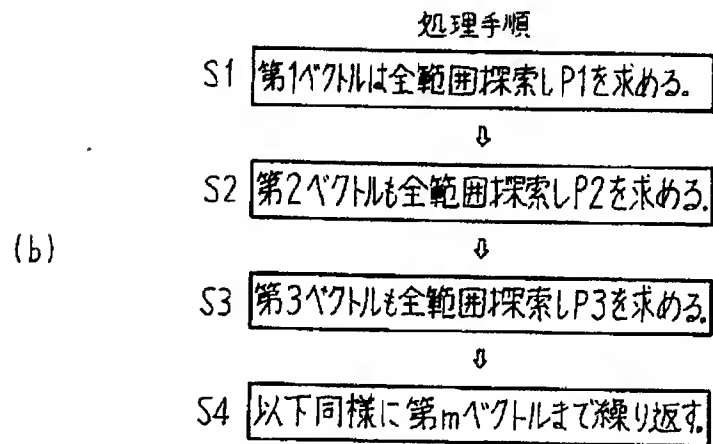
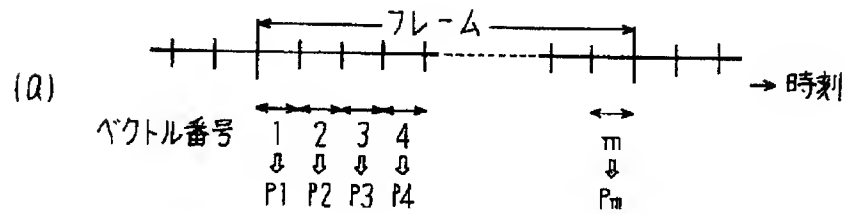
第7の本発明の実施例の演算量説明図(その2)
(図14(b)の場合)

畳み込み演算

$$\begin{aligned}
 & (1) i=10 \text{ の場合} \\
 & H * y_0 = \begin{bmatrix} h_0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_1 & h_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_2 & h_1 & h_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ h_3 & h_2 & h_1 & h_0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_7 & h_6 & h_5 & h_4 & \cdots & h_0 & 0 & 0 \\ h_8 & h_7 & h_6 & h_5 & \cdots & h_1 & h_0 & 0 \\ h_9 & h_8 & h_7 & h_6 & \cdots & h_2 & h_1 & h_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{10} \\ y_9 \\ y_8 \\ y_7 \\ \vdots \\ y_3 \\ y_2 \\ y_1 \end{bmatrix} \\
 & = \begin{bmatrix} h_0 y_{10} \\ h_1 y_{10} + h_0 y_9 \\ h_2 y_{10} + h_1 y_9 + h_0 y_8 \\ h_3 y_{10} + h_2 y_9 + h_1 y_8 + h_0 y_7 \\ \vdots \\ h_7 y_{10} + h_6 y_9 + h_5 y_8 + h_4 y_7 + \cdots + h_1 y_4 + h_0 y_3 \\ h_8 y_{10} + h_7 y_9 + h_6 y_8 + h_5 y_7 + \cdots + h_2 y_4 + h_1 y_3 + h_0 y_2 \\ h_9 y_{10} + h_8 y_9 + h_7 y_8 + h_6 y_7 + \cdots + h_3 y_4 + h_2 y_3 + h_1 y_2 + h_0 y_1 \end{bmatrix} \\
 & (2) i=11 \\
 & H * y_0 = \begin{bmatrix} h_0 y_{11} \\ h_1 y_{11} + h_0 y_{10} \\ h_2 y_{11} + h_1 y_{10} + h_0 y_9 \\ h_3 y_{11} + h_2 y_{10} + h_1 y_9 + h_0 y_8 \\ \vdots \\ h_7 y_{11} + h_6 y_{10} + h_5 y_9 + h_4 y_8 + \cdots + h_1 y_5 + h_0 y_4 \\ h_8 y_{11} + h_7 y_{10} + h_6 y_9 + h_5 y_8 + \cdots + h_2 y_5 + h_1 y_4 + h_0 y_3 \\ h_9 y_{11} + h_8 y_{10} + h_7 y_9 + h_6 y_8 + \cdots + h_3 y_5 + h_2 y_4 + h_1 y_3 + h_0 y_2 \end{bmatrix} \\
 & \quad \quad \quad \uparrow \text{差分計算①} \\
 & (3) i=12 \\
 & H * y_0 = \begin{bmatrix} h_0 y_{12} \\ h_1 y_{12} + h_0 y_{11} \\ h_2 y_{12} + h_1 y_{11} + h_0 y_{10} \\ h_3 y_{12} + h_2 y_{11} + h_1 y_{10} + h_0 y_9 \\ \vdots \\ h_7 y_{12} + h_6 y_{11} + h_5 y_{10} + h_4 y_9 + \cdots + h_1 y_6 + h_0 y_5 \\ h_8 y_{12} + h_7 y_{11} + h_6 y_{10} + h_5 y_9 + \cdots + h_2 y_6 + h_1 y_5 + h_0 y_4 \\ h_9 y_{12} + h_8 y_{11} + h_7 y_{10} + h_6 y_9 + \cdots + h_3 y_6 + h_2 y_5 + h_1 y_4 + h_0 y_3 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

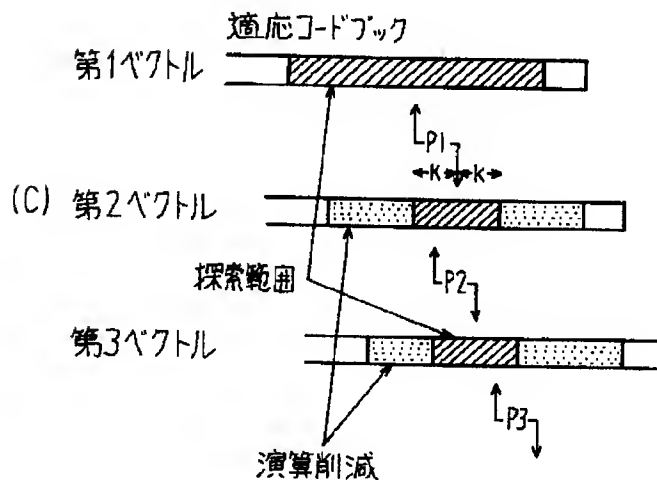
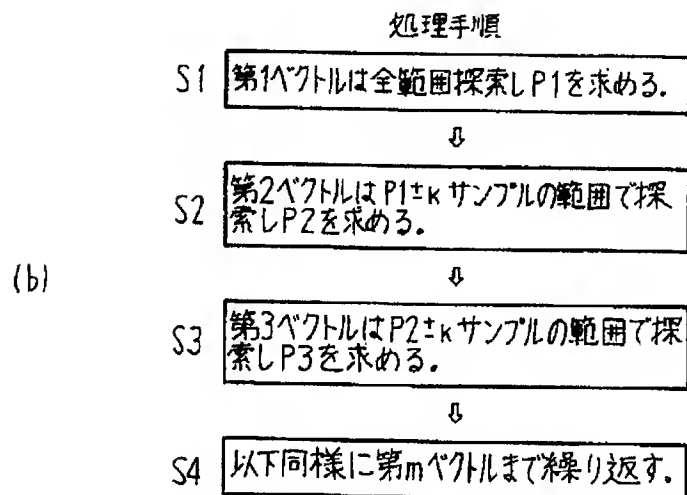
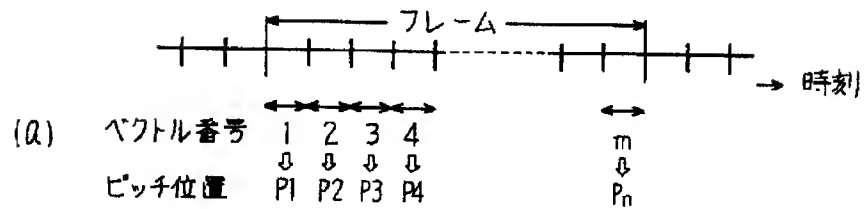
【図19】

適応コードブックのピッチ予備探索方法説明図



【図20】

第8の本発明の実施例の説明図



フロントページの続き

(72)発明者 江口 修英
福岡県福岡市博多区博多駅前三丁目22番8
号 富士通九州デジタル・テクノロジー株
式会社内

(72)発明者 大田 恭士
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(72)発明者 鈴木 政直
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内